EDITORIALE

Questo numero del Notiziario Tecnico è per così dire "tra le nuvole", ovvero dedicato principalmente a spiegare e dettagliare il tema del Cloud Computing, la nuova frontiera dell'Information Technology, che apre nuove prospettive su come "fare informatica", in particolare per il segmento business, come del resto dimostrano le offerte Nuvola Italiana di Telecom Italia.

Su questa linea la copertina dell'illustratore Pedro Scassa, una rappresentazione allegorica del mondo Cloud.

Il mondo delle reti è come sempre "il cuore" della rivista; questa volta sono quattro gli articoli della sezione Network, di cui uno dedicato al risparmio energetico per le reti d'accesso radiomobili (progetto europeo Earth), un altro al valore della soluzione GPON, la nuova scelta architetturale di Telecom Italia per la realizzazione della NGAN fissa, un altro, più di taglio prospettico, sulle reti O-Touch, che, in grado di autogestirsi in relazione al contesto e di garantire buoni livelli di qualità del servizio, possono rappresentare un'opportunità per gli Operatori e un ultimo contributo, in cui tecnicamente si spiega come sia stato possibile assicurare connessioni mobili a larga banda sui treni italiani ad alta velocità.

Dire "rete" significa pensare a "servizi"; su questo numero non solo si illustrano scenari futuribili di innovative soluzioni di intrattenimento, educational e comunicazione ambientale, tutte rese possibili grazie a connessioni a larghissima banda, ma anche si presentano quelle che oggi possono essere le sfide che un Operatore può cogliere sfruttando le potenzialità già offerte da terminali sempre connessi, come la Tv o gli smartphone.

A chiusura un articolo di respiro su quanto fatto per regolamentare e quindi assicurare la qualità dei servizi su Internet.

Ma c'è di più; come Redazione abbiamo voluto dare il nostro contributo alle celebrazioni per i 150 anni dell'Unità d'Italia, riproponendo alcune delle tappe principali dello sviluppo delle tecnologie ICT nel nostro Paese.

Buona Lettura!

I NOSTRI 150 ANNI

La Redazione

PAG. 4

LARGA BANDA . . . CHE FARCI?

Michela Billotti, Roberto Saracco

PAG. 8

LA NEXT GENERATION ACCESS NETWORK DI TELECOM ITALIA: LE SCELTE INFRASTRUTTURALI

Patrizia Bondi, Francesco Montalti, Paolo Pellegrino, Maurizio Valvo

PAG. 18

VERSO LE RETI 0-TOUCH

Antonio Manzalini, Roberto Minerva, Corrado Moiso

PAG. 38

AL VIA IL PROGETTO EARTH: RISPARMIO ENERGETICO NELLA RETE MOBILE

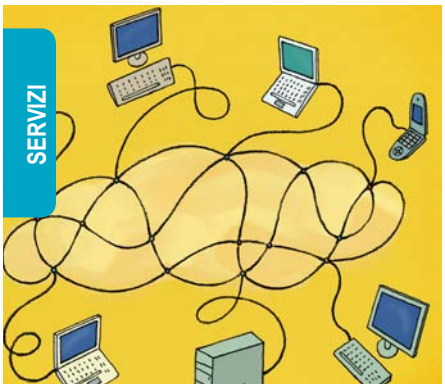
Giorgio Calochira, Roberto Fantini, Dario Sabella

PAG. 56

NAVIGARE A 300 KM/H SUI TRENI FRECCIAROSSA

Emanuele Chiusaroli, Luca D'Antonio, Alberto Maria Langellotti

PAG. 70



LE APPLICAZIONI NEL CLOUD: OPPORTUNITÀ E PROSPETTIVE

Giovanni Lofrumento

PAG. 80

CLOUD COMPUTING: LE SOLUZIONI DI TELECOM ITALIA

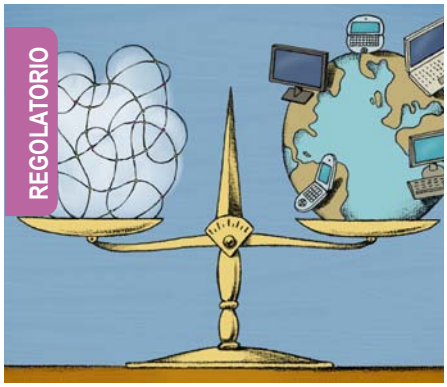
Guido Montalbano, Cataldo Tiano, Fabio Valant

PAG. 92

SCENARI FUTURI NEL MONDO DEI DEVICE CONNESSI

Gianni Fettarappa, Alessandro Perrucci, Stefano Spelta

PAG. 106



INTERNET DI QUALITÀ: OBIETTIVO DELLA REGOLAMENTAZIONE

Pasquale De Simone, Pia Maria Maccario, Pierpaolo Marangoni

PAG. 116

I NOSTRI 150 ANNI

La Redazione

In occasione delle celebrazioni per i 150 anni dell'Unità d'Italia, come Notiziario Tecnico abbiamo ripercorso e selezionato solo alcune delle tappe fondamentali per lo sviluppo della rete e dei servizi di telecomunicazione nel nostro Paese.
In breve, consci di non essere esaustivi, sintetizziamo questi cinque trentennali.

1861-1891

Antonio Meucci sperimenta e brevetta il telefono.
Il Re d'Italia assiste alla prima telefonata ufficiale tra il Palazzo del Quirinale e l'ufficio telegrafico di Tivoli.
Tutti gli uffici telegrafici della città di Roma sono collegati tramite una rete telefonica.
Gli abbonati allacciati alla rete sono 900 e nelle grandi città il permesso ad esercitare il servizio telefonico è accordato a più di un'impresa privata.

1891-1921

Viene costituita, con capitale privato, la Società Industriale Elettrochimica di Point Saint Martin, che poi cambia nome in SIP (*Società Idroelettrica Piemontese*), estendendo sempre più i suoi interessi dal campo elettrico a quello telefonico.
Viene effettuato il primo collegamento interurbano tra Milano e Monza.
Il governo italiano emana una legge che autorizza lo Stato a costruire e a gestire direttamente 34 linee interurbane per il collegamento dei capoluoghi di provincia.
Si realizza la prima centrale telefonica automatica a Roma-Prati, in grado di servire 2000 numeri.

1921-1951

Il governo decide di affidare a più concessionarie private (Stipel, Telve, Timo,Teti e Set) la gestione della telefonia italiana, suddividendo il territorio nazionale in cinque zone; lo Stato si riserva la rete telefonica di grande distanza.
Viene fondata la STET (*Società Torinese Esercizi Telefonici*) con scopi di coordinamento delle varie società telefoniche.
Viene posato il primo cavo sotterraneo sul tracciato Torino-Milano-Laghi e si realizza il telefono duplex, consentendo un aumento del numero di abbonati.

Si effettuano i primi esperimenti su ponti radio e si collega la Sardegna al Continente, posando, a cura della SIRTI, 270 km di cavi sottomarini tra Fiumicino e l'isola.
Si lanciano i primi Servizi Speciali: servizio taxi, ora esatta, orario treni, notizie sportive, sveglia, prenotazioni teatrali e ferroviarie...
Compaiono i primi telefoni pubblici a gettone.
Dopo la guerra, la STET, finanziaria dell'IRI (*Istituto per la Ricostruzione Industriale*), promuove la ricostruzione e l'ammodernamento delle infrastrutture telefoniche pesantemente colpite dai bombardamenti; in alcune aree del Centro Italia è possibile la teleselezione diretta da utente.

1951-1981

Tutti i comuni italiani sono collegati alla rete telefonica nazionale e la teleselezione d'utente è abilitata su tutta la Penisola.
Le varie società concessionarie del servizio telefonico sono assorbite nella SIP, controllata dalla STET, che fonda CSELT (*Centro Studi e Laboratori Telecomunicazioni*), per promuovere ricerca nel campo delle telecomunicazioni e dell'elettronica a favore del Gruppo.

Nasce Telespazio, che lancia il satellite Telestar, con cui si apre l'epoca dei ponti radio satellitari per le trasmissioni telefoniche a grande distanza: la stazione di Fiumicino, infatti, garantisce le comunicazioni tra il Nord America e l'Europa.
Viene completato il collegamento fisico tra l'Italia e il Nord America, con la posa di un cavo sottomarino di 8000 km che permette 845 telefonate in simultanea.
A Venezia entra in servizio la prima centrale telefonica digitale; a Torino si effettuano le prime sperimentazioni su cavi in fibra ottica; a Roma si sperimenta un servizio di conversazione radiomobile. Sulle strade italiane ci sono le cabine pubbliche a gettone-moneta, mentre a casa gli Italiani hanno telefoni colorati anche con la segreteria telefonica, presenti in più stanze.
Con "chiamate Roma 3131" nasce il primo programma radiofonico, in cui gli ascoltatori possono intervenire in diretta dal loro telefono di casa.

Ragazza:
Ma allora mi ami?...
Ma quanto mi ami?...
E mi pensi?...
Ma quanto mi pensi?...
Madre:
...Ma quanto mi costi!...
Sei in teleselezione!
Ragazza:
Mamma! La sera dopo le sei e mezza costa meno.
Speaker:
E' vero dopo le 18 e 30 tre minuti in teleselezione
da Milano a Catania, ad esempio, costano come un cono gelato...
Ragazza:
Ma allora mi pensi?...
Ma quanto mi pensi?...
Speaker:
La teleselezione conviene,
dopo le 18 e 30 e nei giorni festivi
conviene di più.

Ragazze:
Oh, ci fanno dei segnali cosa dicono?...
... dicono che voglio comunicare con noi...
... dai rispondiamo!
Gaia, ma cosa gli hai detto?
Boh!
Gli hai detto che dobbiamo essere rimorchiate!
Speaker:
Per comunicare quest'estate, meglio Carta Vacanze: solo 100 lire al minuto per parlare con tutti i TIM e 100 SMS gratis.
TIM
Vivere senza confini
www.tim.it

1981-2011

È sempre più diffuso l'uso del fax, della segreteria telefonica centralizzata, del Numero Verde e della teleaudioconferenza.
Il Piano Europa, con investimenti per 44.000 miliardi in 4 anni, porta le telecomunicazioni italiane al livello di quelle dei maggiori paesi europei.
Le nuove centrali numeriche consentono l'attivazione di nuovi servizi: l'avviso di chiamata, il trasferimento di chiamata, la conversazione a tre...
Nasce Telecom Italia, dalla fusione delle cinque società del gruppo IRI-STET (SIP, IRITEL, ITALCABLE, TELESPAZIO e SIRM) impegnate nel settore telefonico; a seguire poi TIM (Telecom Italia Mobile) per lo sviluppo e la gestione della rete e dei servizi radiomobili; con il lancio della TIM card, la carta telefonica prepagata e ricaricabile, i telefonini TACS e GSM entrano nelle tasche di tutti gli Italiani.
Viene completata la realizzazione della Rete Intelligente, tramite la quale si possono fornire in maniera centralizzata servizi di fonia avanzata (dal televoto, alle reti private virtuali, ai servizi a tariffa premio...) e di Interbusiness, la più grande rete Internet italiana.
La fusione di Telecom Italia nella STET, che prende poi nome di Telecom Italia S.p.A., società per azioni ad azionariato diffuso, apre alla liberalizzazione del mercato delle telecomunicazioni.
CSELT, a seguito dell'acquisto del ramo di azienda Telecom Venture Capital & Innovation, cambia nome in TILab (*Telecom Italia Lab*).
Con "Teleconomy ADSL", l'offerta voce che introduce la tariffa "flat" sulla tecnologia ADSL, gli Italiani scoprono come viaggiare da casa su Internet ad alta velocità; progressivamente si afferma il marchio "Alice" per i vari servizi broadband domestici, tra cui la Tv via Internet. A Torino si realizza la prima videochiamata UMTS in ambiente urbano; agli SMS si associano gli MMS e sempre più servizi multimediali si fruiscono in mobilità.
TIM viene incorporata in Telecom Italia; a riprova dell'integrazione fisso-mobile, il lancio di "Alice sempre", di "Unica" e di "TIM Casa".
L'era del Web 2.0 vede il lancio del portale Yalp!, la prima community TV su Internet, che offre ai navigatori 40.000 contenuti "on demand" oltre alla possibilità di crearsi un proprio canale televisivo.
A Torino si sperimentano nuovi servizi interattivi su rete LTE, l'ultra-broadband mobile, mentre sul fisso l'Azienda è impegnata nell'abbattimento del Digital Divide, per garantire, entro il 2018, di collegare alla rete in fibra ottica di nuova generazione circa 9 milioni di unità immobiliari, in linea con gli obiettivi dell'Agenda Digitale della Commissione Europea, che impone che le nuove reti ottiche raggiungano, fra sette anni, il 50% della popolazione.
Oggi le città italiane già raggiunte dalla nuova rete ultra veloce di Telecom Italia sono Catania, Milano, Roma, Torino e Venezia ■

ARRIVA ALICE CASA.
INTERNET, TELEFONATE, TV E SKY.
PER LA PRIMA VOLTA SENZA CANONE.
Alice
COLLEGA LA TUA CASA AL MONDO DI ALICE. A 49 EURO AL MESE.
TELECOM

LARGA BANDA . . . CHE FARCI?

Michela Billotti, Roberto Saracco

In questi anni la fibra ottica si è andata diffondendo nel mercato residenziale con Corea del Sud e Giappone a fare da battistrada. In Italia Fastweb e Telecom Italia hanno fatto arrivare la fibra a migliaia di abitazioni e sono in fase di attuazione piani di cablatura per portare la fibra ad almeno il 50% delle abitazioni in Italia entro il 2018.
Quando si presentano i progetti di cablatura spesso ci si sente chiedere cosa potremmo fare con tutta la banda promessa dalla fibra, 100 Mbps e oltre; in questo articolo proviamo ad offrire alcune suggestioni di servizi.

1 Introduzione

Cosa vuol dire 100 Mbps? Proviamo a ragionare in termini di larghezza di strada: convertendo 1 kbps in 1 centimetro, negli anni Novanta, l'era del dial up a 56 kbps, la strada che arrivava a portarci le informazioni alla casa era un sentiero largo 56 centimetri.

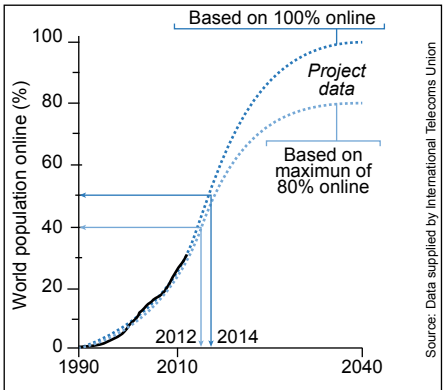


Figura 1 - Stiamo avvicinandoci al flesso

Oggi, con l'ADSL, questa strada è larga 200 metri, 400 volte più larga! Quella che offre la fibra va da un minimo di 1 km a oltre 10 km (sempre in larghezza). C'è una bella differenza! Ma queste "strade" che portano in casa l'informazione sono come dei raccordi verso le autostrade, i transport network nazionali (backbone) e internazionali.
Mentre la capacità a livello residenziale, in questi ultimi 10 anni, è aumentata di 400 volte, la capacità a livello backbone è aumentata di 1000 volte e quella internazionale anche di più. (nel 2000 la capacità acquistata dai clienti di Sparkle era intorno ai 30 Mbps, nel 2010 è stata di 2.400.000 Mbps, 80.000 volte di più).
Osservando questi numeri si sarebbe tentati di dire che la banda richiesta continuerà a crescere... all'infinito. In realtà, fisici e matematici dicono che tutto ha un limite, anche nel caso della quantità di informazioni trasportate. In effetti l'enorme crescita cui abbiamo assistito di Internet e del traffico che questa genera sta arrivando, secondo alcuni osservatori ad un punto di flesso, punto in cui la crescita inizia a rallentare e che porterà in circa 30 anni a raggiungere un livellamento (certo molto più alto di quello attuale).
La crescita dipende da due fattori: il numero di utilizzatori e le modalità di utilizzo.
In questo articolo, essendo interessati alla larga banda dal punto di vista del singolo, vedremo di riflettere sulle modalità di utilizzo piuttosto che sull'aumento del numero di utilizzatori.

2 Quale banda siamo in grado di apprezzare?

Quello che riusciamo ad apprezzare dipende dalla percezione che abbiamo e questa, a sua volta, dipende dal cervello, è quindi un elemento cognitivo non fisico.
Se il mio Mac risponde visualizzando la lettera che ho premuto sulla tastiera in 1 millisecondo o in 100 millisecondi la cosa mi è indifferente, in quanto i miei sensi non sono in grado di apprezzare la differenza. Se, però, il mio eBook reader impiega 2 secondi a voltar pagina per il tempo di refresh del sistema eInk, mi accorgo subito del fastidioso ritardo. L'elemento percettivo è importante. Una pagina di testo che ci appaia in 1 secondo, riga dopo riga sembra velocissima, una pagina

che contenga una foto visualizzata una striscia alla volta sembra apparire molto lentamente anche se il tempo effettivo di visualizzazione di entrambe le pagine è identico.
In questo senso crediamo si possa affermare che, nel momento in cui la banda disponibile equivale a quella che n oi possiamo ricevere ed elaborare, abbiamo raggiunto il limite.
Quanta banda riusciamo a percepire? Grossolanamente è possibile fare una stima.
I nostri occhi hanno una risoluzione equivalente di circa 8 Mpixel, ne abbiamo 2 e quindi siamo in grado di ricevere una banda intorno ai 100 Mbps (16 Mpixel significa 8 volte la definizione di un televisore HD). Tuttavia i nostri occhi non stanno mai fermi e con i loro movimenti saccadici scansionano un quadro visivo molto maggiore e questo è quello che il nostro cervello vede. Quindi, a livello cerebrale possiamo dire di essere in grado di acquisire una banda intorno ai 400 Mbps. Il senso del tatto, con analoghi ragionamenti, arriva a "consumare" quasi 100 Mbps. Udito, olfatto, gusto e senso non arrivano, tutti insieme, neppure ad 1 Mbps.
Possiamo quindi dire, grossolanamente, che una banda di 500 Mbps rappresenta il limite di quello che possiamo percepire.
Se, quindi, avessimo disponibile una rete che ci offre 500 Mbps, questa sarebbe equivalente, dal nostro punto di vista, ad una che ne offra 50 Gbps!

3 I convertitori di banda

I bit che scorrono nella rete sono invisibili ai nostri sensi. Per poterli percepire, occorre avere dei trasduttori e questi si chiamano schermi, altoparlanti, aromatizzatori, accelerometri... Siccome abbiamo visto che la stragrande maggioranza della banda che percepiamo è legata al senso della vista, possiamo considerare l'evoluzione dei sistemi di visualizzazione per stimare con buona approssimazione quale sia la banda che può essere effettivamente fruita in un certo istante.
Oggi i migliori schermi mass market sono quelli HD con 1920 per 1080 righe, cioè 2 Mpixel. Ad una risoluzione di 2 Mpixel corrisponde una banda massima per il trasporto di 16 Mbps (in realtà la maggior parte dei broadcaster utilizza sistemi di compressione che praticamente dimezzano questa banda con una riduzione di qualità non eccessiva, ma percepibile). Sono già disponibili in Giappone schermi 4k, con una risoluzione di 8 Mpixel (equivalente al nostro occhio) e per questi la banda per il trasporto sale a circa 70 Mbps (anche qui accettando una piccola riduzione di qualità possiamo dimezzarla). Per risoluzioni maggiori, 8k, cioè 32 Mpixel equivalenti a quello che il nostro cervello percepisce, occorrerebbero 150 Mbps, ma per questi schermi occorre aspettare la prossima decade.
La visione 3D raddoppierebbe la richiesta di banda, ma con le tecnologie

Come facciamo a stimare la "banda" di un nostro senso?

In questo articolo si forniscono numeri per paragonare la banda, che una rete è in grado di trasportare, con quella che i nostri sensi sono in grado di acquisire e il nostro cervello di apprezzare.
È chiaro a tutti che i nostri occhi non hanno dei pixel al loro interno, come invece accade per il sensore di una macchina fotografica!
Come per questo, però, le strutture biologiche, nel caso dell'occhio la retina, hanno dei limiti fisici di risoluzione, cioè della quantità di dettaglio che sono in grado di percepire.
Nel caso del sensore di una macchina fotografica il massimo numero di dettagli percepibili è proprio dato dal numero di pixel che questa ha e dalla loro sensibilità alla luce; in prima approssimazione, nel caso dell'occhio, questo dipende dal numero di coni e bastoncelli, rispettivamente 6-7 milioni e 110-120 milioni.
I primi hanno la sensibilità ai colori (rosso, verde e blu), i secondi hanno una maggiore capacità di operare in condizioni di minore intensità luminosa (ecco come mai di notte i colori scompaiono e tutto sembra toni di grigio).
Per identificare un punto sono sufficienti le informazioni provenienti da un singolo cono, mentre occorre aggregare le informazioni di 100 bastoncelli, per identificare un punto. Complessivamente, quindi, possiamo dire che un singolo occhio ha una risoluzione intorno agli 8 milioni di pixel. Se il campo visivo è formato da un mosaico composto da oltre 8 milioni di pixel, il nostro occhio non sarà in grado di percepirli come punti distinti, ma vedrà un continuo.
Avendo determinato la risoluzione equivalente dell'occhio e sapendo quale sia la latenza dell'immagine (il tempo massimo che deve intercorrere da un'immagine alla successiva perché non venga percepita una sequenza di fotogrammi ma un flusso continuo come un video), si può calcolare la banda equivalente, tenendo conto dei sistemi che utilizziamo per visualizzare gli 8 Mpixel, e cioè la codifica MPEG: tra i *100* e i *200 Mbps*, considerando che abbiamo due occhi e che questi percepiscono due immagini leggermente diverse.

attuali, anche quelle più sofisticate, l'effetto 3D viene ottenuto alternando i quadri e quindi lasciando immutata la quantità complessiva di informazioni trasmesse.
I sistemi olografici sono ancora di là da venire e per tutta questa decade non si prevede diventino un prodotto mass market.
Pensando ad un ambiente domestico in cui si abbia una fruizione in parallelo su più schermi e tenendo conto di fattori di distribuzione statistica dei consumi di banda, siamo comunque ben sotto i 100 Mbps oggi.
A tendere, sembra ragionevole ipotizzare una banda di 2 Gbps per casa in un contesto in cui gli schermi diventino soluzioni architettoniche di arredamento. Ci si colloca però intorno al 2030, quando saranno diffusi schermi a parete basati su nanotecnologie con prezzi decisamente concorrenziali.
Sempre in questa finestra temporale, diventa realistico immaginare la diffusione di *smart material* nei tessuti e nei vestiti, che consentano di trasmettere sensazioni in grado di stimolare il tatto. Questo porterebbe a un'ulteriore richiesta di banda intorno ai 100 Mbps, come abbiamo visto.
Un discorso parallelo va fatto per l'evoluzione nella densità dei pixel sugli schermi, in quanto questa avrà un forte impatto sulla richiesta di banda sul mobile.
Già oggi siamo arrivati a schermi (come l'iPhone 4 con tecnologia Retina) con una definizione di oltre 300 punti al pollice, superiore alla capacità di risoluzione del nostro occhio. Con i futuri schermi in tecnologia NED (*Nano Emissive Display*) si potrà arrivare a definizioni di 1000 punti al pollice. Questo, accoppiato a sistemi di lenti, permetterà di vedere lo schermo di un telefonino ingrandito, dando l'impressione di essere di fronte ad uno schermo da 20 pollici. Ovviamente la banda richiesta salirà al livello di quella richiesta da un laptop.

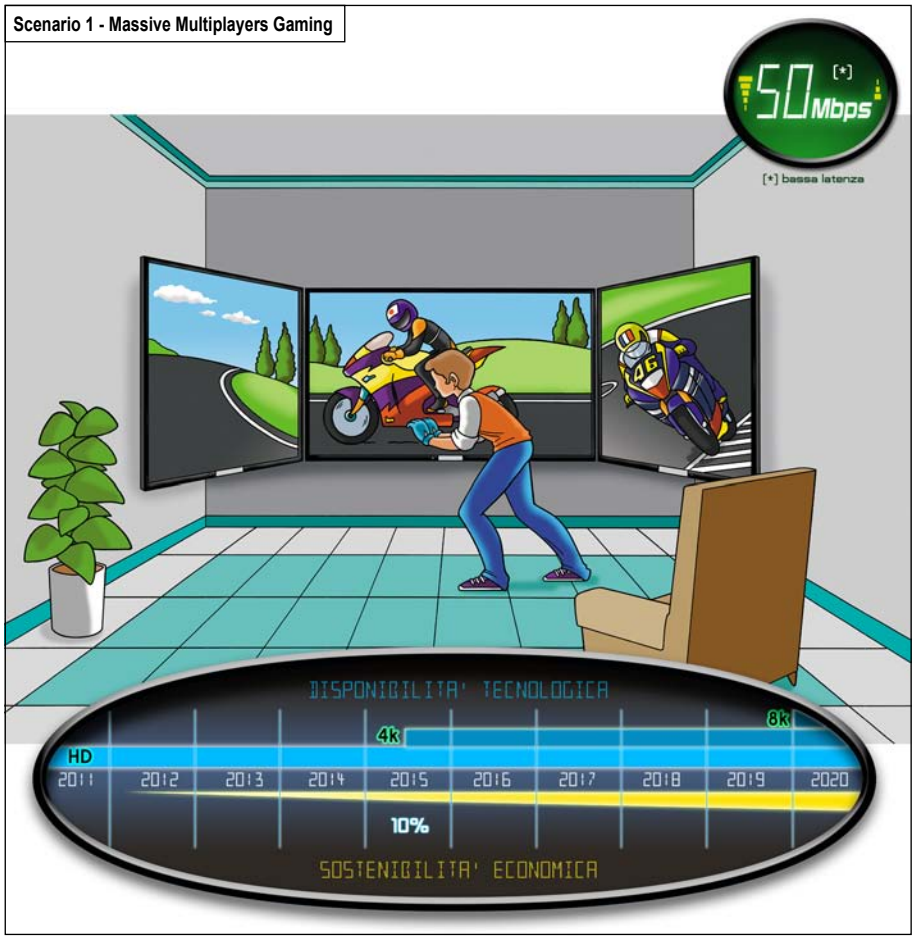
4 Suggestioni per utilizzo della larga banda

Se cinque anni fa ci fossimo chiesti cosa fosse stato possibile fare introducendo un giroscopio in un telefonino, ben pochi sarebbero arrivati ad elencare dieci servizi. Oggi esistono decine di migliaia di servizi che sfruttano l'accelerometro, da quello che trasforma il telefonino in una livella, a quello che stima il numero di calorie consumate nella giornata, a quello che suggerisce il dosaggio di insulina per i diabetici, all'altro che rileva la qualità di guida dell'auto. Questa premessa è necessaria per dire che la risposta alla domanda è da intendersi più in termini di suggestioni che non in termini fattuali e certamente non è da considerarsi in termini esaustivi. Vediamo degli scenari sviluppati da alcuni ricercatori del Future Center di Telecom Italia.

4.1 Massive Multiplayers Gaming

I giochi on line che coinvolgono centinaia di migliaia di giocatori sono ormai un fenomeno diffuso. Questi richiedono enormi capacità elaborative, fornite da appositi centri, cui ogni giocatore è collegato tramite la rete. Se il processing viene fatto in questi centri, l'ambientazione scenografica del gioco è fatta dal computer del giocatore.
Molti di questi giochi, specie quelli di avventura e point&shoot, richiedono più schermi ad alta definizione per fornire una sensazione di reale coinvolgimento. Questo è già oggi realtà

Scenario 1 - Massive Multiplayers Gaming



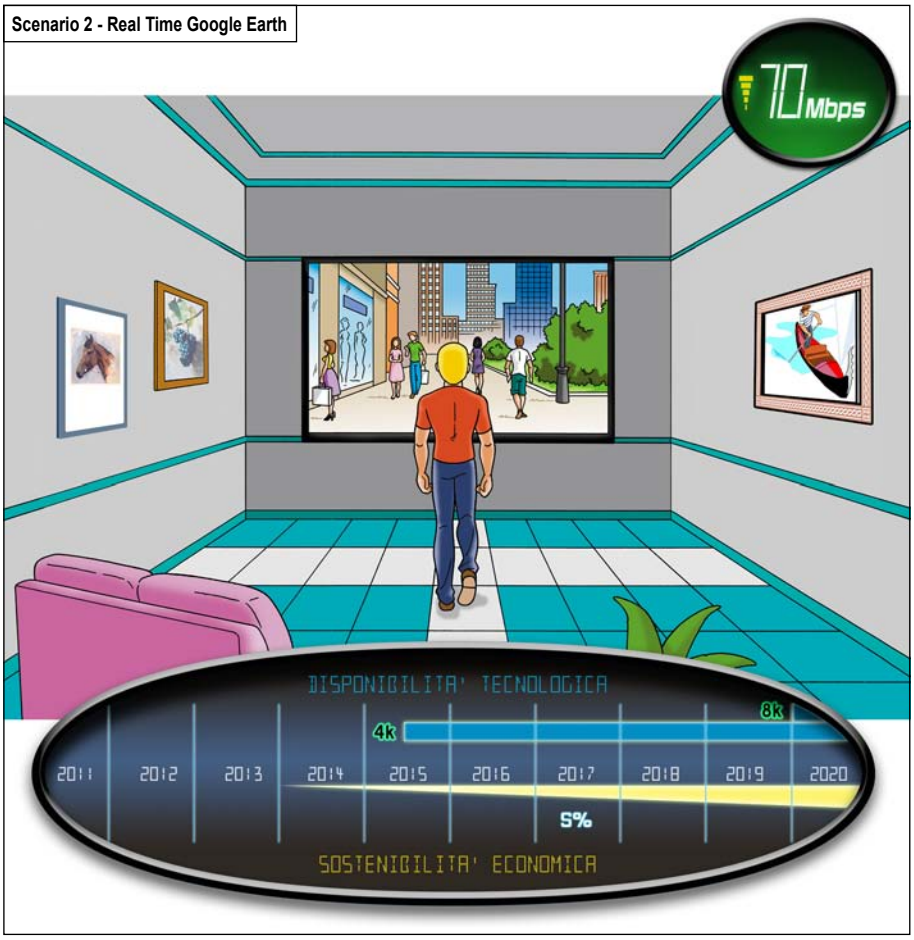
in Corea del Sud, dove la richiesta di fibra viene trainata proprio da questi giochi, in cui ciascun giocatore ha da tre a cinque schermi HD attorno a sé che gli consentono di entrare percettivamente nel gioco. Il tutto richiede una banda di circa 10 Mbps per ogni schermo, intorno ai 30-50 Mbps per ogni giocatore... impossibile senza la fibra ottica! Ma non è solo questione di banda. Alcuni giochi richiedono tempi di latenza molto bassi, che solo una connessione in fibra è in grado di fornire.
Un non giocatore potrebbe scrollare le spalle, ritenendo eccessivo un tale investimento in connettività per dei... giochi! Non sottovalutiamo però il valore del gioco che può essere, e sarà sempre più, declinato anche in altre aree quali l'apprendimento, la salute, la socialità per anziani...

4.2 Real Time Google Earth

Crediamo che tutti abbiano provato almeno una volta il fascino di navigare sulle immagini raccolte dal satellite di tutta la superficie terrestre e rese disponibili con un livello di dettaglio che arriva al metro tramite Google Earth. Nei prossimi anni l'aumento di telecamere presenti in tutto il mondo fornirà una copertura quasi totale di tutte le aree più interessanti del mondo.
Avremo allora la possibilità di sovrapporre alle foto satellitari le visioni "live", prese dalle telecamere presenti in quella zona opportunamente depurate da informazioni sensibili, come ad esempio il riconoscimento di persone che si trovino sotto l'occhio della telecamera. Questo sarà un processo che, una volta innescato, tenderà a moltiplicarsi: non è difficile immaginare che molti negozi vorranno inviare l'immagine delle loro vetrine e degli scaffali su Google Earth consentendo una visita virtuale che, ovviamente, sarà tanto più efficace, quanto migliore sarà l'immagine, e quindi la banda. Da non sottovalutare l'impatto che un servizio tipo questo potrebbe avere anche nel settore dell'education.
Già oggi in molte scuole si insegna geografia utilizzando Google Earth sulla lavagna multimediale. In un prossimo futuro potrebbe interessare anche la lezione di lingue straniere con la possibilità di essere presenti a Times Square o in Piazza Tien An Men e conversare con quanti si trovino di fatto lì. Una visione da schermo di computer già oggi potrebbe richiedere una banda oltre i 20 Mbps (con schermi da 4 Mpixel come quello dell'iMac) e in prospettiva con la diffusione di schermi 4k la richiesta di banda potrebbe salire a oltre 70 Mbps.

4.3 Real Time Ambient Gaming

La disponibilità di collegamento video in tempo reale ad una varietà di ambienti svilupperà servizi di mash up applicabili a diversi contesti: dal gioco, all'education, dal turismo, agli studi di marketing. Un esempio per tutti: come oggi è possibile usare Flight Simulator utilizzando il reale tempo meteo della località in cui si sta effettuando il volo e ascoltare le voci dei piloti che stanno atterrando su quell'aeroporto, infilando il nostro aereo in uno slot di atterraggio dedicato ad un volo reale, seguendo le istruzioni del controllore di volo, così domani un Need for Speed darà la possibilità di fare corse pazze e gimcane sul traffico vero sulla 5th Avenue a New York così come è in



quell'istante (i crash saranno fortunatamente sempre simulati e le auto sulla quinta avenue saranno all'oscuro delle nostre evoluzioni...). La banda? Una decina di Mbps estensibile fino a 150 a fine decade con l'avvento dei nuovi schermi immersivi.

4.4 Ambient Sharing

Uno schermo 4k è per il nostro occhio indistinguibile da una finestra. Non sono poche le case disegnate dalla mano di un architetto che utilizzano finestre come elemento di arredamento quando la vista è particolare, così come prevedere delle finestre all'interno della casa per mettere in comunicazione visiva due ambienti. Perché allora non utilizzare uno schermo 4k per creare una finestra che metta in comunicazione visiva due ambienti distanti, come la cameretta del nipotino con il salotto dei nonni situato a chilometri di distanza?
Per il mercato di massa occorrerà attendere verso fine di questa decade, ma per quello di elite si può immaginare che diventi realtà già nel 2015. La banda necessaria è quella in grado di alimentare uno schermo 4k, cioè intorno ai 70 Mbps, in questo caso bidirezionale visto che l'immagine di un'abitazione deve arrivare all'altra e viceversa.

4.5 Live Feeds

In Giappone due stazioni televisive trasmettono a partire da aprile e fino a giugno la fioritura dei ciliegi in diretta. Le immagini sono catturate in tempo reale da Okinawa (a sud, primo punto in cui iniziano a fiorire i ciliegi) all'Hokkaido (punto più a nord in cui la fioritura avviene a giugno) e trasmesse per 24 ore al giorno. I giapponesi utilizzano il tele-

Scenario 3 - Real Time Ambient Gaming

Scenario 4 - Ambient Sharing

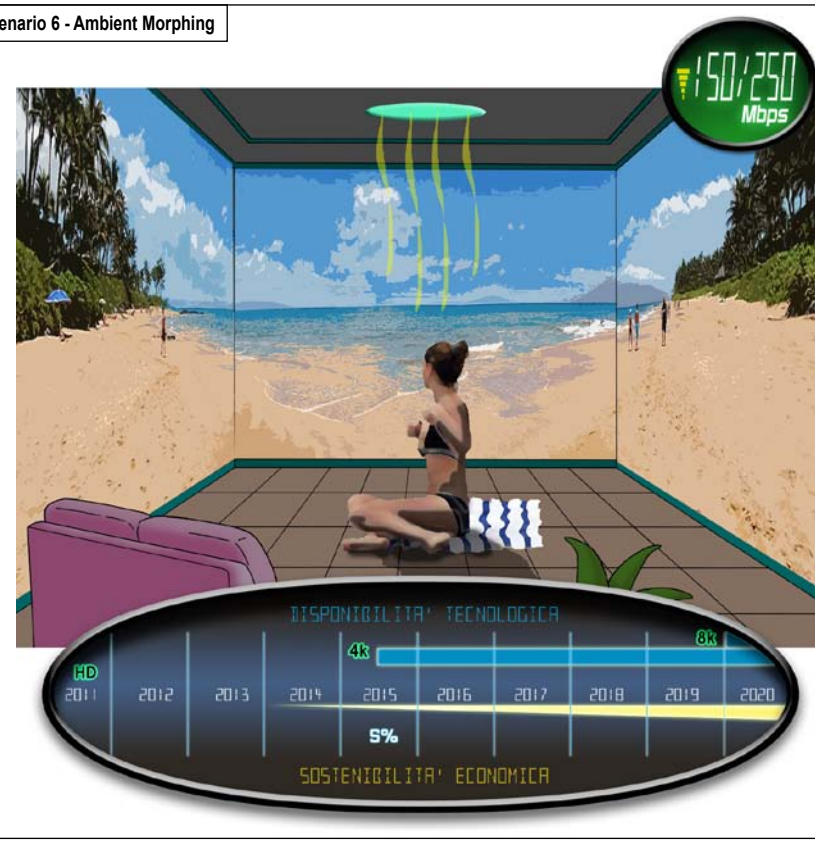
visore come un quadro vivente, appeso sulle pareti della camera o del salotto e si godono la fioritura dei ciliegi, anche di notte in quanto gli alberi vengono illuminati con fotoelettriche.
Nei prossimi anni potrebbe diventare comune dedicare uno schermo televisivo piatto a questi "live feeds" come oggi abbiamo in casa le cornici digitali. Dal salotto di casa potremo collegarci con quel posto in cui i leoni vanno ad abbeverarsi e che avevamo visto per pochi minuti durante il safari. Ora sarà disponibile quando lo vogliamo.
Alcuni posti saranno talmente interessanti, per noi, da essere visti in continuità tramite finestre virtuali. Probabilmente si inizierà nel 2015 con una finestra, in cui useremo il televisore collegato ad internet che abbiamo comprato oggi, anziché buttarlo, visto che a quella data ne acquisteremo uno in standard 4k, e così via. Banda? 10 Mbps per "finestra" fino al 2020, poi 70 Mbps quando le "finestre" diventeranno 4k.

Scenario 5 - Live Feeds

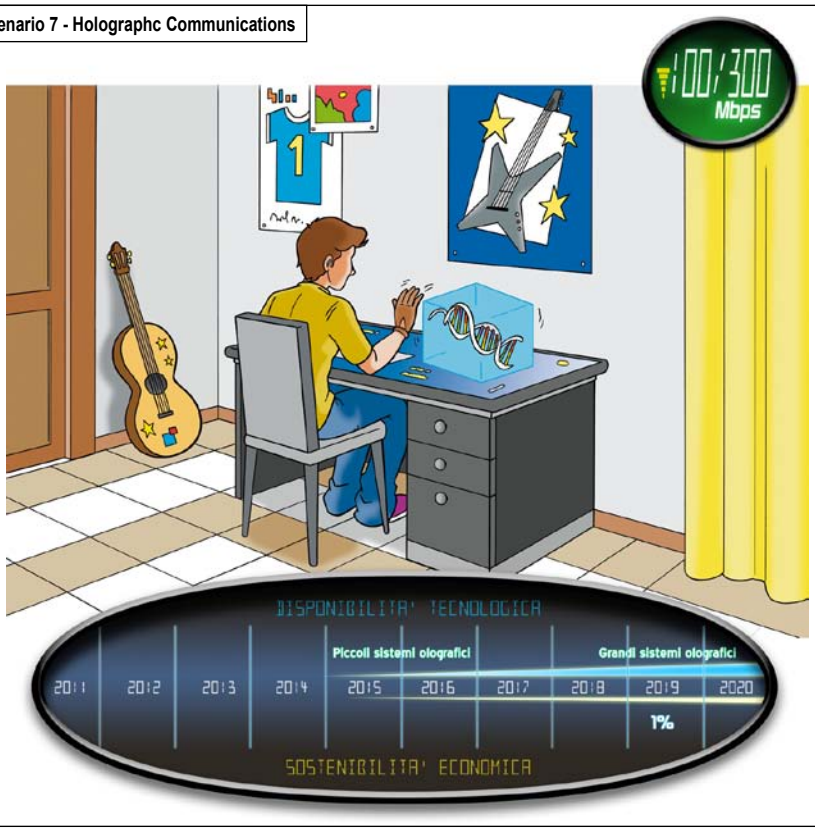
4.6 Ambient Morphing

A chi capitasse di andare a Miami, consigliamo di visitare lo zoo.
Qui non perdetevi il padiglione dell'Antartide realizzato con l'aiuto della Carnegie Mellon University, che, tramite sistemi di pareti traslucide e materiali particolari sul pavimento, vi dà l'impressione di essere davvero sulla banchisa con i pinguini.
L'effetto è di completa immersione, dal freddo, alla sensazione della neve sotto i piedi, al suono del vento che spazza il pack... ai pinguini!
Nei prossimi anni sarà possibile avere in casa un ambiente multifunzionale, che può essere trasformato a seconda dei desideri, ricreando tramite schermi, smart material, altoparlanti e sistemi spot di regolazione della temperatura.

Scenario 6 - Ambient Morphing



Scenario 7 - Holographc Communications



Scenario 8 - Smart Dress Room

La banda richiesta dipende dalle dimensioni dell'ambiente, ma in generale possiamo stimarla tra i 150 Mbps fino ai 250 Mbps.

4.7 Holographc Communications

L'olografia fotografica è stata inseguita per anni. Sono stati risolti i problemi di cattura dell'immagine e del loro trattamento, ma non è ancora stato risolto in modo soddisfacente quello della loro riproduzione.
Sappiamo però che qui si tratta di qualche centinaio di Mbps. Quello che è disponibile oggi sono dei sistemi olografici con una dimensione intorno ai 10-20 cm usati da case farmaceutiche per la progettazione al computer di nuovi farmaci; il progettista vede le molecole nello spazio tridimensionale e studia come farle combaciare.
Questo processo è estremamente complesso e viene semplificato dalla possibilità di vedere lo spazio tridimensionalmente. Per il 2015 è ragionevole pensare ad una disponibilità in ambiente scolastico e verso il 2020 anche nelle case per aiutare l'apprendimento di concetti di fisica e chimica, per la geometria e alcune parti dell'analisi oltre che per l'arte.
Nel momento in cui questi inizieranno ad entrare a livello residenziale non è strano immaginare uno Skype olografico...

4.8 Smart Dress Room

Da qualche anno in alcuni grandi negozi nell'est asiatico si trovano delle aree di prova per trucco e vestiti, in cui lo specchio è sostituito da uno schermo.
Una telecamera cattura l'immagine della persona di fronte al finto specchio e rende l'immagine sullo schermo

con alcune varianti, quali l'utilizzo di un certo tipo di trucco, variazioni al colore del vestito e così via. Con l'aumentare delle possibilità tecnologiche questi finti specchi potranno fornire prestazioni sempre più intriganti e soprattutto arrivare a costi abbordabili anche per un utilizzo domestico. Finti specchi di questo tipo sono già disponibili sul mercato mass market (Philips).
Verso metà decade dovremmo iniziare a vedere i primi angoli attrezzati come smart dressing room nelle nostre case. Ci si mette di fronte allo specchio e si interagisce con l'immagine, ad esempio per provare in modo virtuale un capo disponibile in un negozio, di cui abbiamo visto la pubblicità per televisione, piuttosto che condividere il look con un amico, salvo poi provare a scambiarsi, virtualmente, un capo.
Queste smart dressing room sono parte integrante del progetto di città del futuro in fase di realizzazione in Corea del Sud a Songdo[1].
La banda è collegata alla tipologia di schermo, quindi da 10 Mbps per uno schermo in alta definizione, agli oltre 70 Mbps per uno schermo 4k, schermo che sarebbe in effetti necessario per far credere al nostro occhio di essere di fronte ad uno specchio.

Conclusioni

Questa carrellata di alcuni possibili servizi che per esistere hanno bisogno della larghissima banda, ha avuto uno scopo puramente illustrativo.
Non giustifica quindi di per sé l'investimento di risorse che comporta il passaggio alla fibra, anche perché questi servizi, se pur avessero successo, aumenterebbero i ricavi di chi vende schermi e telecamere, ma aumenterebbero di poco gli introiti di un Operatore. In fondo, molti dei servizi che nasceranno *grazie* alla banda ultra larga saranno Over The Top e genereranno utili a terzi e solo marginalmente all'Operatore.
È su quel "*grazie*" che occorre ragionare.
Grazie all'infrastruttura in fibra, i costi della comunicazione scenderanno ulteriormente anche per l'aumento di densità del wireless, che permetterà ad una molteplicità di oggetti di entrare a far parte del sistema delle comunicazioni. Questo decremento dei costi e l'aumento dell'efficacia delle telecomunicazioni porteranno ad una reingegnerizzazione dei processi, analoga a quella che abbiamo vissuto negli anni '80/'90, in cui le potenzialità offerte dall'elaborazione dati sono state tradotte in efficacia, andando a cambiare i processi produttivi, distributivi e di gestione del cliente. Un'analoga rivoluzione sarà resa possibile dall'infrastruttura in fibra ed è questa rivoluzione che, se attuata, porterà da un lato a un'efficienza e a benefici a livello della struttura economica e sociale e dall'altro ad incrementare gli introiti delle Società di Telecomunicazioni.
E il futuro vedrà Società di Telecomunicazioni che gestiranno la connettività non solo a livello fisico, ma anche quella tra informazioni, tra servizi e tra ambienti e processi.
È su questi strati alti che si giocherà il futuro degli Operatori di oggi.
I numeri ci sono tutti: il mercato delle telecomunicazioni in Italia vale circa 40 mld di euro all'anno. Il PIL vale circa di 1600 mld.
Un'infrastruttura che porti efficienza anche solo del 10% libera 160 mld di euro all'anno, 4 volte il fatturato di tutto il settore delle telecomunicazioni. Numeri su cui riflettere e che devono darci un grande ottimismo e una grande determinazione per fare nostro quel futuro ■

michela.billotti@telecomitalia.it
roberto.saracco@telecomitalia.it

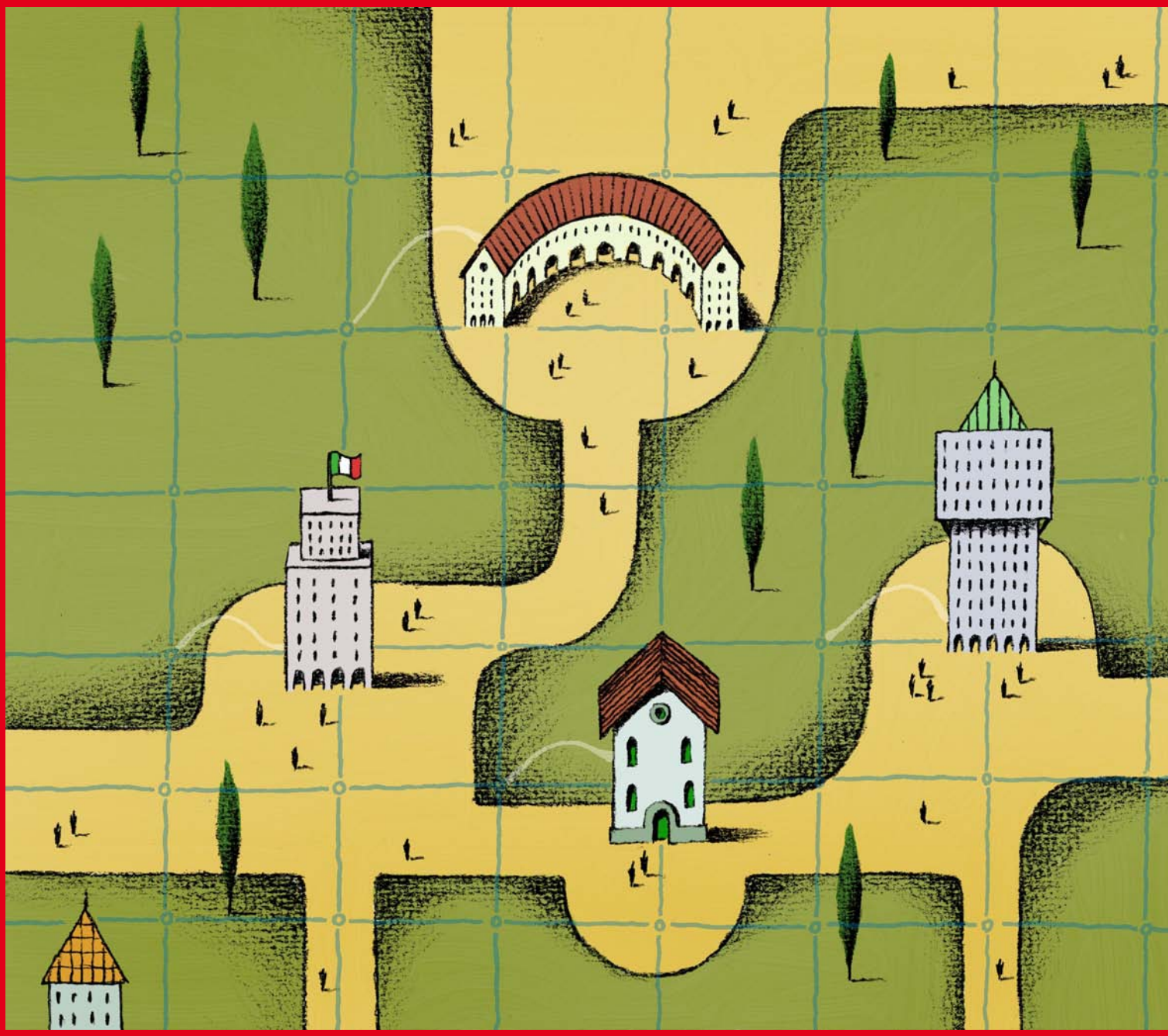
1 *http://www.songdo.com*

Michela Billotti
Giornalista, direttore responsabile del Notiziario Tecnico di Telecom Italia, è passata dal mondo delle lettere classiche, in cui si è laureata nel 1993, al settore delle telecomunicazioni. Da oltre quindici anni in Telecom Italia ha dapprima collaborato all'organizzazione di eventi nazionali e internazionali, poi gestito i rapporti con i media interessati all'evoluzione dell'ICT; ora cura i vari aspetti della comunicazione scientifica. E' autrice di articoli e di libri sull'evoluzione del mondo delle telecomunicazioni scritti per un pubblico di "non addetti ai lavori".

Roberto Saracco
Diplomato in informatica e laureato in matematica con un perfezionamento in fisica delle particelle elementari. Negli oltre trent'anni in Telecom Italia ha partecipato a molti progetti di ricerca in commutazione, reti dati, gestione della rete, occupando varie posizioni di responsabilità. Negli ultimi dieci anni i suoi interessi si sono spostati verso gli aspetti economici dell'innovazione. Attualmente è responsabile per Future Centre e Comunicazione Tecnica di Telecom Italia, dove guida gruppi di ricerca sulle implicazioni economiche dei nuovi ecosistemi e scenari di business. È senior member dell'IEEE, tra i direttori della Communication Society, nonché autore di numerose pubblicazioni in Italia e all'estero.

LA NEXT GENERATION ACCESS NETWORK DI TELECOM ITALIA: LE SCELTE INFRASTRUTTURALI

Patrizia Bondi, Francesco Montalti, Paolo Pellegrino, Maurizio Valvo



Per NGAN (*Next Generation Access Network*) si intende una rete di distribuzione in fibra ottica, in grado di innalzare di almeno un ordine di grandezza il bit rate raggiungibile dai clienti della rete attuale. Le soluzioni architetturali NGAN si basano su tecnologie trasmissive ad altissima velocità, dette ultra-broadband, che richiedono l'utilizzo della fibra ottica nel segmento di rete di accesso. Scegliere la migliore soluzione tecnologica per lo sviluppo della NGAN è una decisione tutt'altro che semplice. Gli investimenti richiesti sono ingenti e i tempi di ritorno lunghi: la nuova rete di accesso fissa va progettata in modo tale da minimizzare gli investimenti e i costi operativi e allo stesso tempo garantire un'evoluzione dei servizi per i prossimi decenni.
L'articolo descrive brevemente le principali opzioni tecnologiche e architetturali possibili, la scelta Telecom Italia e le motivazioni che sono dietro a questa scelta.

1 GPON vs Punto - Punto

Per la realizzazione della NGAN sono possibili diverse modalità tecniche tutte basate sull'utilizzo, più o meno esteso, della fibra ottica in rete di accesso.
Le architetture di accesso fisso, già adottate in diversi Paesi esteri, si differenziano tra loro essenzialmente in base:

- alla modalità di connessione: Punto - Punto o punto-multipunto;
- alla tecnologia utilizzata: Ethernet o GPON – Gigabit-capable Passive Optical Network;
- al punto di terminazione della fibra lato cliente: in un cabinet stradale, presso o dentro un edificio, in casa del cliente.

Non esiste una soluzione ottimale, ma ogni Operatore sceglie la soluzione che rappresenta il miglior punto di equilibrio, considerando la tipologia delle aree da servire (metropolitana, periferica, rurale), la densità abitativa, la tipologia della clientela, la disponibilità di infrastrutture ottiche o di canalizzazioni adatte all'uso, l'impatto urbanistico.
In Italia uno degli aspetti sui quali il confronto con gli altri Operatori è più acceso riguarda la modalità di connessione Centrale-Cliente. In particolare Telecom Italia ritiene che, sulla base degli elementi sopra citati, la scelta migliore per la fornitura di servizi ultra-broadband all'utenza residenziale o SOHO/SME (Small Office Home Office, Small Medium Enterprise) sia rappresentata da una soluzione punto-multipunto in tecnologia GPON[1]. Le reti Punto - Punto sono invece ad oggi preferite dai Competitor, perché adatte a replicare fedelmente l'attuale paradigma della rete in rame, permettendo loro di variare il meno possibile i propri processi e limitando gli investimenti. Le reti Punto – Punto, tuttavia, sono strutturalmente più costose per chi le costruisce, poiché necessitano di una fibra per ciascun cliente, mentre nel caso della GPON la stessa fibra viene utilizzata per servire più clienti contemporaneamente.

1.1 La rete punto - multipunto in tecnologia GPON

La soluzione GPON è una soluzione innovativa nata per ottimizzare l'uso delle infrastrutture, ridurre gli scavi, gli ingombri e i consumi elettrici.
In generale i sistemi GPON sono costituiti:

- da un apparato attivo che svolge funzioni di terminazione di linea, detto OLT (Optical Line Termination), posto in Centrale;
- collegato alle terminazioni di rete lato cliente, dette ONU/ONT (Optical Network Unit / Optical Network Termination);
- tramite una rete di distribuzione ottica (ODN - Optical Distribution Network) (Figura 1).

La ODN è completamente passiva, ossia non richiede punti alimentati elettricamente, ed è costituita dalla fibra

1 La soluzione Punto-Punto in fibra ottica è invece già da tempo utilizzata da Telecom Italia per servire grossi clienti affari.

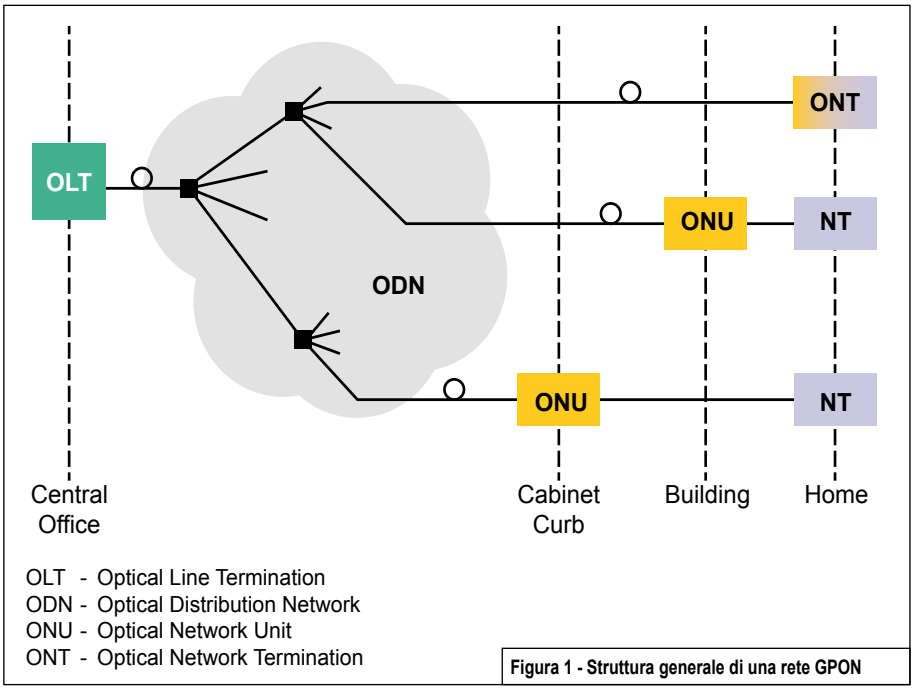


Figura 1 - Struttura generale di una rete GPON

ottica e dai diramatori ottici passivi (splitter), dispositivi che consentono di ripartire un segnale in ingresso su *n* uscite e viceversa. La porzione di ODN servita da un'interfaccia della OLT[2] posta in Centrale viene definita albero GPON.

Con le soluzioni attuali ogni albero GPON può servire al massimo 128 ONU/ONT, ossia con un'unica interfaccia GPON in Centrale si possono connettere fino a 128 clienti; in questo caso si parla di architettura GPON con fattore di splitting 1:128. Più è alto il fattore di splitting più:

- la banda disponibile per albero GPON viene condivisa tra più clienti;
- la distanza chilometrica Centrale-Sede cliente copribile diminuisce, a causa del power budget "utilizzato" dagli splitter[3].

Per diversi motivi legati a questi aspetti, in ambito internazionale, le soluzioni GPON più sviluppate sono quelle con fattore di splitting 1:64 e, al momento, non sono note soluzioni in campo con fattore di splitting 1:128. Anche Telecom Italia ha recentemente deciso di optare per questa modalità.

Dato che i sistemi GPON sono di tipo punto-multipunto, l'accesso al mezzo condiviso viene effettuato utilizzando la tecnica TDM/TDMA (Figura 2).

Per minimizzare l'uso della fibra ottica, le soluzioni GPON sfruttano la condivisione di un singolo portante per entrambi i versi di trasmissione, utilizzando le due "finestre" di trasmissione ottica a 1260-1360 nanometri nella direzione Upstream (dal Cliente alla Centrale) e 1480-1500 nm nella direzione Downstream (dalla Centrale al Cliente).

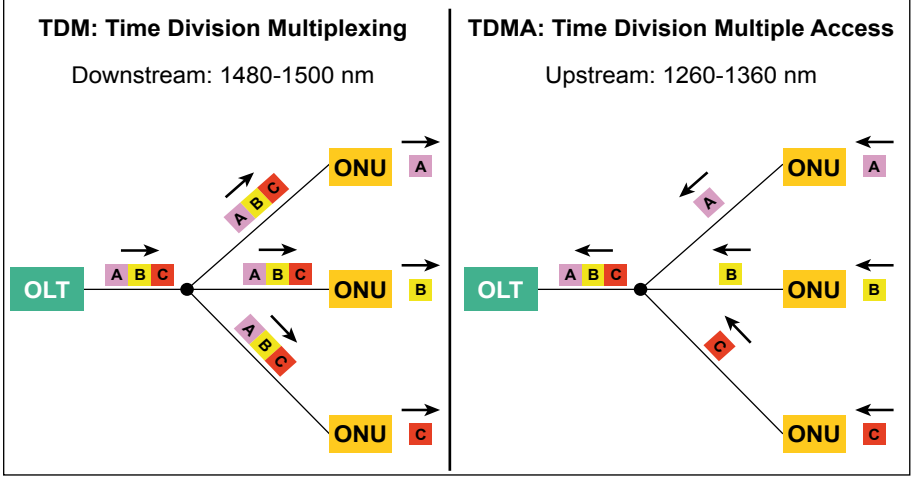
La condivisione della fibra tra più ONU/ONT resa possibile dai sistemi GPON consente la riduzione dei costi e delle problematiche di deployment tipiche dei sistemi Punto-Punto.

I sistemi GPON hanno velocità di linea pari a 2.488 Gbit/s in downstream e 1.244 Gbit/s in upstream per albero PON. Utilizzano un metodo di incapsulamento GEM (GPON Encapsulation Method) per il trasporto di flussi TDM ed Ethernet in modo nativo. La trasmissione in upstream è gestita tramite un meccanismo di controllo di accesso al mezzo (MAC-Media Access Control), che consente l'allocazione dinamica della banda (DBA–Dynamic Bandwidth Assignment) nella direzione upstream.

Il traffico downstream trasmesso dalla OLT è sia di tipo Broadcast (destinato a tutte le ONU/ONT connesse alla GPON, ad esempio un canale video diffusivo), sia di tipo Unicast (destinato ad una specifica ONU/ONT).

Grazie alle funzionalità fin qui descritte, i sistemi GPON permettono di offrire sia servizi simmetrici, sia asimmetrici e consentono di distribuire in maniera dinamica e flessibile le risorse di banda fra i vari servizi e tra i diversi clienti attestati al medesimo albero

Figura 2 - Principio di funzionamento della tecnica TDM/TDMA



2 Una OLT dispone generalmente di molte porte GPON (oltre 100 sugli apparati attuali).

3 Gli splitter suddividono la potenza ottica entrante su più uscite in maniera passiva; quindi la potenza su ciascuna delle n uscite di un diramatore è pari (teoricamente) alla frazione n-esima di quella entrante.

GPON, senza restrizioni particolari e fino al raggiungimento della capacità complessiva del sistema. Quindi i sistemi GPON consentono di offrire al cliente sia istantaneamente l'intera capacità disponibile (per esempio 1 Gbit/s simmetrico), sia quote di banda minime garantite (anche superiori ai 100 Mbit/s).
La massima distanza consentita tra ONU/ONT e OLT è di 20 km. Come detto, tale distanza diminuisce al crescere del fattore di splitting utilizzato per lo sviluppo della rete e anche del numero di giunti e connettori utilizzati nella costruzione della ODN.
La Figura 3 mostra l'architettura FTTH scelta da Telecom Italia che prevede 2 livelli di splitting ottici: un primo splitter ottico, collocato in un pozzetto stradale, e un secondo splitter, collocato alla base dell'edificio all'interno di un armadietto denominato ROE (Ripartitore Ottico di Edificio).
Come detto in linea teorica ogni fibra ottica, attestata nella Centrale locale e corrispondente ad un albero PON, può servire 128 unità immobiliari nell'ipotesi di architettura FTTH. Tuttavia, nella pratica occorre considerare un fisiologico fattore di riempimento dovuto alla modularità degli splitter ottici e alla distribuzione delle unità immobiliari negli edifici. Ne consegue che, ad esempio, con un fattore di splitting 1:128 ogni albero PON serve in media 90 unità immobiliari, mentre nel caso di fattore di splitting 1:64 si servono in media 50 clienti.
Ogni fibra ottica, relativa a ciascun albero PON, viene collegata in Centrale ad un apparato passivo di attestazione delle fibre (ODF - Optical Distribution Frame) e attraverso questo alla OLT, ossia all'apparato attivo presente in Centrale.
Lo Standard di riferimento per i sistemi GPON, ampiamente consolidato, è la famiglia di Raccomandazioni ITU-T G.984.x. La soluzione è oramai matura commercialmente e offerta da diversi fornitori sia a livello di apparati di Centrale (OLT) sia a livello di apparati lato Cliente (ONT). L'interoperabilità tra apparati (OLT di un costruttore che lavora con ONT di altri costruttori, e viceversa) è molto elevata, grazie anche ai numerosi "interoperability event" promossi in ambito FSAN (Full Service Access Network[4]).

1.1.1 *Prospettive evolutive*

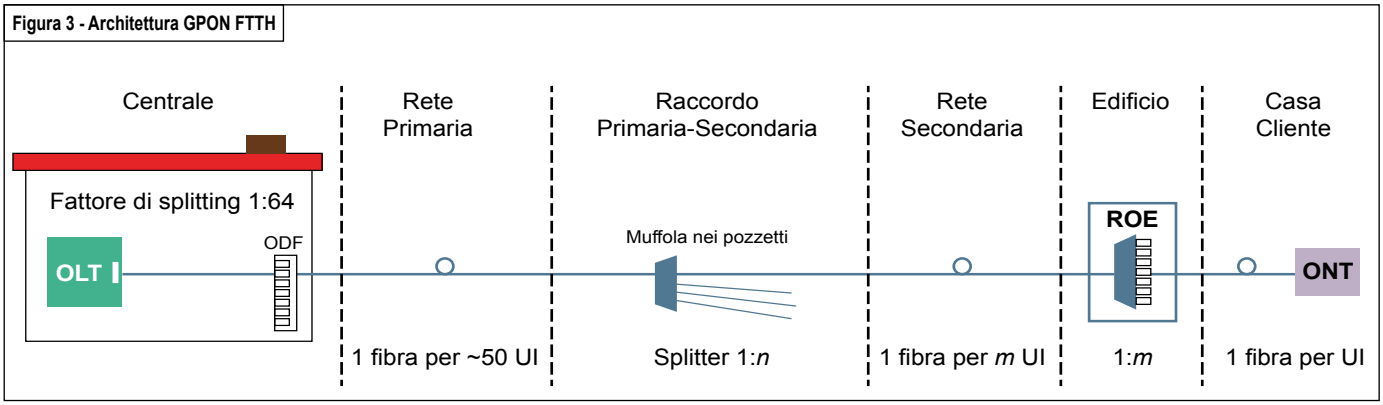
La tecnologia GPON, anche in ottica evolutiva, garantisce la salvaguardia degli investimenti infrastrutturali. È infatti, inserita in un percorso tecnologico che consente nel tempo di sfruttare sempre meglio l'infrastruttura ottica punto-multipunto (ODN) realizzata. In ambito FSAN-ITU è stato già definito un cammino evolutivo i cui principali driver sono:

- mantenimento dell'infrastruttura ottica o incremento dei fattori di splitting massimi;
- incremento della velocità per cliente;
- maggiore simmetria dei bit rate.

Il cammino evolutivo prevede che nel corso del 2011 saranno disponibili commercialmente sistemi XG-PON1 (10 Gigabit-capable PON) concepiti per consentire una migrazione graduale, sulla stessa infrastruttura ottica, dagli attuali sistemi GPON verso sistemi a più elevato bit rate: 10 Gbit/s Downstream e 2.5 Gbit/s Upstream per albero PON. Rispetto alla soluzione GPON classica, con questa soluzione si ha quindi a disposizione, per ogni albero PON, il quadruplo della banda in Dowstream e il doppio in Upstream. Anche questa soluzione è Punto-Multipunto, basata su protocollo di accesso al mezzo condiviso TDM/TDMA e coniuga i vantaggi della GPON attuale con la possibilità di offrire bit rate più elevati. Inoltre è garantita la coesistenza con i sistemi GPON di prima generazione sullo stesso albero ottico, grazie all'impiego di differenti lunghezze d'onda.
Le soluzioni XG-PON1 sono descritte dai gruppi di standard FSAN-ITU e in particolare dalle specifiche:

- G.987.1 (Service Requirements) e G.987.2 (Physical Layer) approvate a Ottobre 2009;
- G.987.3 (Transmission Convergence Layer) e G.988 (Generic OMCI) approvata a Giugno 2010.

Figura 3 - Architettura GPON FTTH



4 L' FSAN è un Ente Tecnico costituito nel 1995 dagli Operatori di Telecomunicazione allo scopo di confrontarsi e identificare i requisiti comuni per le nuove soluzioni di accesso fisso in fibra. In FSAN sono state definite le specifiche tecniche dei sistemi GPON, poi ratificate da ITU, e sono attualmente in corso gli studi per l'evoluzione dei sistemi PON. La partecipazione ad FSAN nel tempo è stata estesa ai costruttori e ad oggi FSAN conta circa 90 membri di cui oltre il 50% costituiti da Fornitori di soluzioni per telecomunicazioni.

In ambito FSAN è già allo studio un'ulteriore evoluzione dei sistemi PON, sempre in modalità punto-multipunto. La soluzione, al momento denominata NG-PON2, sarà un'ulteriore evoluzione dei sistemi GPON, che metterà a valore gli investimenti fatti sulle reti Punto-Multipunto di prima generazione, incrementandone le prestazioni in termini di:

- bit rate;
- portata;
- fattori di splitting.

Tutti gli Operatori membri di FSAN hanno espresso la preferenza verso la definizione di soluzioni NG PON2 che non richiedano nessun tipo di rivisitazione della rete ottica dispiegata per la GPON di prima generazione; sarà quindi sufficiente cambiare solo gli apparati lato Centrale e lato cliente.
La coesistenza sullo stesso albero PON con sistemi legacy (GPON e XG-PON1) al momento non è un requisito della NG-PON2, ma potrebbe diventarlo, consentendo di abilitare una migrazione graduale della clientela e una diversificazione dell'offerta commerciale sulla medesima rete ottica.
Il processo di Standardizzazione è stato avviato in FSAN e un consolidamento degli Standard è atteso nel periodo 2012-2013; i primi prodotti commerciali sono attesi per il 2014-2015.
Per realizzare la soluzione sarà necessario vincere alcune sfide tecnologiche e, al momento, sono in fase di studio diverse alternative che prevedono l'adozione di:

- tecniche ibride TDM/WDM;
- soluzioni WDM con trasmettitori/ricevitori auto-sintonizzabili;
- trasmissione/ricezione basata su tecniche di "ottica coerente";
- formati di modulazioni evoluti (es. multilivello).

1.2 La rete Punto-Punto

Come mostrato in Figura 4, una rete Punto - Punto prevede che ogni singola unità immobiliare sia collegata con una fibra dedicata end-to-end dalla Centrale fino alla casa del cliente. La tecnologia trasmissiva è quella Ethernet (a velocità solitamente pari a 100 Mbit/s) già utilizzata nell'ambito delle reti metro e private. L'architettura di rete replica la tradizionale rete in rame: come oggi ogni cliente ha il suo doppino in rame che lo collega alla centrale, se fosse adottata questa architettura, ogni cliente avrebbe una fibra ottica. Quando si incominciò a parlare di rete in fibra per clientela residenziale, gli Operatori di Telecomunicazione si resero subito conto che un'architettura di questo tipo avrebbe comportato scavi, e quindi costi e impatti sulla collettività, notevoli. Per questo negli Enti di standardizzazione e nei forum furono avviati gruppi di studio per trovare soluzioni che contenessero questi impatti. Tali sforzi portarono allo sviluppo delle soluzioni Punto-Multipunto.
D'altra parte le reti Punto - Punto sono solitamente gradite a quei Competitor che non intendono dotarsi di infrastruttura propria, preferendo replicare fedelmente il paradigma della rete in rame con un impatto sui processi molto ridotto. Inoltre l'utilizzo di una tecnologia consolidata come quella Ethernet non comporterebbe necessità di investimento in nuovo Know-how.

1.2.1 *Perché chi sviluppa la NGAN non sceglie la Punto-Punto*

Nella maggior parte dei casi gli Operatori che hanno deciso di sviluppare una rete NGAN hanno puntato su una

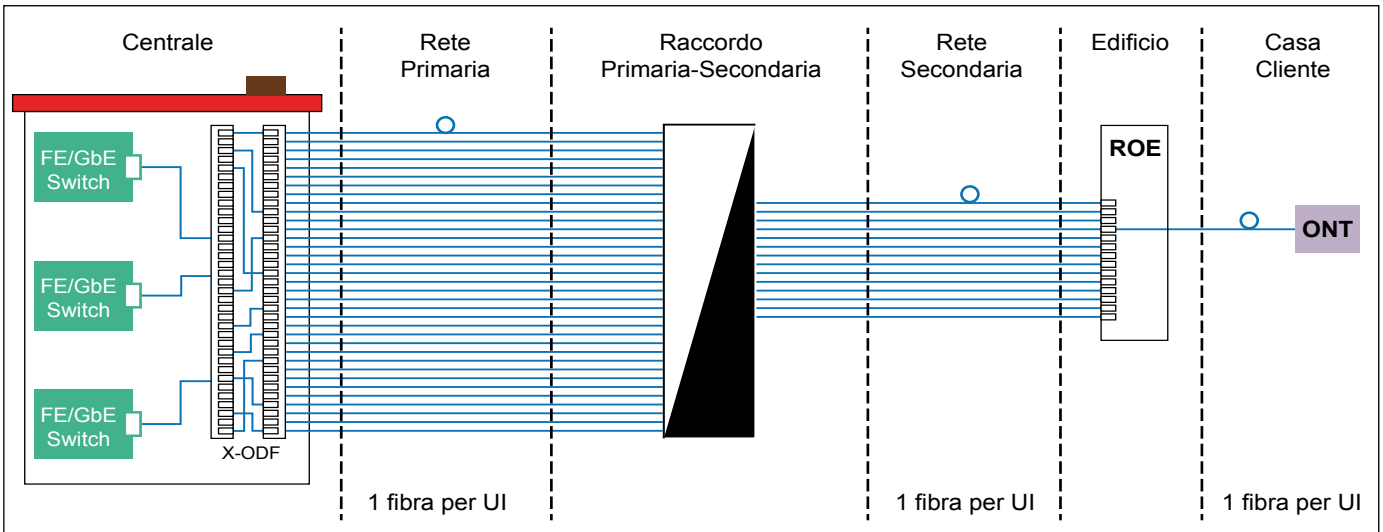


Figura 4 - Architettura Punto-Punto con Punto di Mutualizzazione al building

rete punto–multi punto GPON, piuttosto che su una rete Punto–Punto per una serie di considerazioni, vediamole insieme.

Impatti di tipo infrastrutturale

Le reti Punto–Punto, richiedendo una fibra per cliente nella tratta Centrale–sede Cliente, necessitano di scavi sul suolo pubblico, laddove in molti casi con la rete GPON le infrastrutture esistenti possono risultare sufficienti. Questo si verifica soprattutto per il segmento di rete primaria, ma in casi specifici può accadere anche sui segmenti di rete secondaria. Come si può facilmente intuire gli scavi, oltre ad essere costosi, comportano anche richiesta di permessi oltre a disagio nella viabilità per via degli intralci causati dai cantieri stradali.

Nei casi in cui in rete primaria, utilizzando la GPON, sia comunque necessario ricorrere ad uno scavo, dato il basso numero di fibre in gioco, si possono utilizzare tecniche di scavo meno invasive; nel caso della Punto–Punto invece, considerando il numero di fibre in gioco, sarà quasi sempre necessario procedere con scavi tradizionali.

Inoltre, la necessità per la rete Punto–Punto di un numero di fibre in primaria di circa 50 volte superiore rispetto a quello della GPON, nel caso di fattore di splitting 1:64, comporta extra costi importanti dovuti al fatto che le fibre aggiuntive, oltre a dover essere acquistate, devono essere posate, giuntate, documentate e mantenute nel tempo.

Impatti in Centrale

Per consentire l'unbundling della fibra, come richiesto dai Competitor, è necessario dotare la Centrale di un ODF strutturato come un permutatore ottico sul quale attestare tutte le fibre: una per cliente, invece che una ogni circa 50/90 clienti del caso GPON, dipendenti dal fattore di splitting. Questo ODF non ha solo la funzione di terminare la fibra, come nel caso GPON, ma deve anche permettere operazioni di permuta delle fibre per consentire il passaggio dei clienti da un Operatore all'altro. Come si vede dalla Foto 1a per quanto innovative possano essere le soluzioni tecniche proposte, la gestione di un permutatore di questo tipo, dato il numero di fibre in gioco, è molto complessa.

Foto 1 - a) ODF Punto - Punto per 1500 clienti lato rete ; b) ODF GPON 128 per 1500 clienti lato rete

Inoltre un permutatore ottico richiede un'operatività di estrema precisione ben diversa da quella richiesta in un permutatore rame. Le fibre ottiche sono molto più delicate dei doppini di rame, i "letti di permuta" rischiano di compromettere l'attenuazione della fibra e quindi il buon funzionamento del rilegamento del cliente. Giuntare e movimentare una fibra presenta complessità che richiedono competenze e attenzioni che non sono paragonabili a quelle del rame.

Allo stato dell'arte attuale, non esiste un permutatore ottico che dia garanzie di buona gestione delle fibre nel tempo soprattutto se il numero delle fibre è elevato. Alcuni costruttori di permutatori ottici sostengono che il limite massimo di fibre ottiche che un permutatore ottico any-to-any possa gestire correttamente nel tempo sia di circa 2.000 fibre. Si noti che nelle aree dove tipicamente sono presenti gli altri Operatori le dimensioni delle centrali sono in media di 20.000 clienti.

Nel caso Punto – Punto a monte del permutatore ottico ogni fibra, e quindi ogni cliente, è attestata ad una porta di apparato, mentre con la GPON una porta gestisce circa 50 clienti (con fattore di splitting 1:64). Questo aumenta in modo proporzionale il numero degli apparati e di conseguenza, oltre ai costi di acquisto anche i costi di energia elettrica e gli spazi necessari per alloggiarli (Foto 2).

Consumi elettrici

Come accennato sopra, le soluzioni Punto-Punto comportano consumi di energia elettrica enormemente più elevati rispetto alle soluzioni GPON, poiché richiedono un'interfaccia per cliente, mentre su un'interfaccia GPON con fattore di splitting 1:64 sono raccolti almeno 50 clienti.

C'è molta attenzione al tema dei consumi energetici: per questo gli apparati sono sempre più efficienti e una grossa

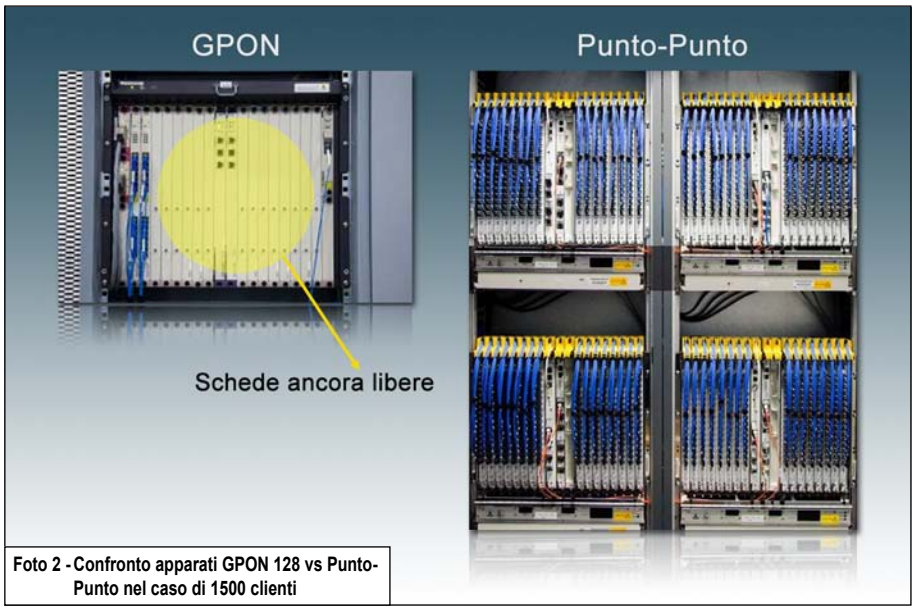


Foto 2 - Confronto apparati GPON 128 vs Punto-Punto nel caso di 1500 clienti

Foto 3 - Confronto batterie di backup GPON 128 vs Punto-Punto nel caso di 1500 clienti

GPON	Punto-Punto GBE
42 MWh	350 MWh
Equivalenti a 27 tonnellate di CO^2	Equivalenti a 225 tonnellate di CO^2
Pari ai consumi medi di 8 persone	Pari ai consumi medi di 65 persone

Tabella 1 - Confronto consumi nel caso di Centrale da 20.000 clienti

parte delle innovazioni delle tecnologie per le reti di accesso sono indirizzate a contenerli. I rapporti fra le due soluzioni (1 interfaccia contro 50) fanno sì che il divario sui consumi rimarrà pressoché invariato. Inoltre considerando una Centrale di 20.000 clienti e prendendo a riferimento i valori di consumo target del Codice di Condotta Europeo versione V3, in vigore dal 1/1/2011, si è calcolato che i consumi annui saranno quelli rappresentati in Tabella 1.

Un ulteriore elemento di confronto sull'ecosostenibilità della soluzione GPON è rappresentato dal volume delle batterie di backup; queste batterie, utilizzate per l'alimentazione di emergenza in caso di black out elettrico, costituiscono un elemento necessario per poter fornire un servizio di comunicazioni Carrier class ai medesimi livelli di qualità offerti sull'attuale rete telefonica.

Riportando il dato a livello di sistema Paese, considerando cioè di servire 20 milioni di clienti nelle due modalità, il trasporto delle batterie necessiterebbe di una colonna di 12 camion (un'autocolonna di poco più di 150 metri) nel caso GPON, mentre nel caso Punto-Punto l'autocolonna sarebbe di quasi 70 camion (per uno sviluppo dell'autocolonna superiore al chilometro). Considerando che le batterie hanno un ciclo di vita di 2-3 anni circa e tenendo conto del costo di smaltimento e dell'inquinamento generato, si ha un'idea dell'enormità dell'impatto economico e ambientale.

Banda per cliente

Un falso mito, che spesso si sente citare nelle dispute GPON vs Punto-Punto, è che i sistemi basati su mezzo condiviso (quali GPON e sue varianti) siano caratterizzati da limitazioni per quanto riguarda la banda disponibile per cliente. Si tratta di un falso problema! Va infatti ricordato che la banda a disposizione del cliente non dipende esclusivamente dalla linea di accesso,

ma è fortemente influenzata dal dimensionamento dei segmenti di rete a monte della rete di accesso, a partire dalla rete metropolitana di raccolta a cui gli apparati di accesso sono direttamente connessi.
Non è realistico pensare di trasportare verso la rete IP la capacità potenziale sviluppabile da ogni singolo cliente (nel caso di una Centrale da 10.000 utenti ciò vorrebbe dire, con interfacce utente da 100 Mbit/s, una capacità in uscita dalla Centrale di 1.000 Gbit/s) senza alcuna funzionalità di concentrazione.
La Figura 5 illustra i livelli di concentrazione distribuiti tra la rete e gli apparati di Centrale, che vengono realizzati in un'architettura GPON, mentre in Figura 6 è rappresentato il livello di concentrazione effettuato nel caso di un'architettura Punto-Punto esclusivamente sugli apparati di Centrale.

Come si può vedere la banda effettiva in rete è la medesima nei due casi, semplicemente con la soluzione GPON vengono effettuati due livelli di concentrazione, mentre nel caso Punto – Punto c'è un solo livello di concentrazione del traffico.
Come già detto, i sistemi GPON oggi permettono di offrire sia servizi simmetrici che asimmetrici, anche con bit rate elevati, ad es. fino a 1 Gbit/s di picco per cliente; infatti l'ONT ha un'interfaccia verso rete (PON) a 2,5/1.25 Gbit/s down/up e una o più interfacce lato cliente di tipo Fast Ethernet (100 Mbit/s) o Gigabit Ethernet (1 Gbit/s); è quindi possibile offrire anche un profilo di servizio 1 Gbit/s simmetrico. Il meccanismo di allocazione dinamica della banda rende, infatti, i sistemi GPON particolarmente efficienti nel modo di utilizzare e distribuire la risorsa banda a disposizione.

A questo va aggiunto che i sistemi PON hanno un percorso evolutivo già tracciato che nel tempo consentirà di aumentare sulla stessa infrastruttura il bit rate potenziale per cliente. Quindi oggi la GPON non ha criticità prestazionali ed è del tutto comparabile alla Punto-Punto; in futuro, grazie alle evoluzioni già tracciate, le soluzioni PON continueranno ad essere ampiamente adeguate alle esigenze di traffico, mantenendo in ogni caso un'elevata efficienza di utilizzo della banda.

2 Cosa fanno gli altri

Analizzando gli sviluppi di reti FTTH realizzati o annunciati a livello internazionale, si osserva una netta predominanza della scelta di architetture punto-multipunto con tec-

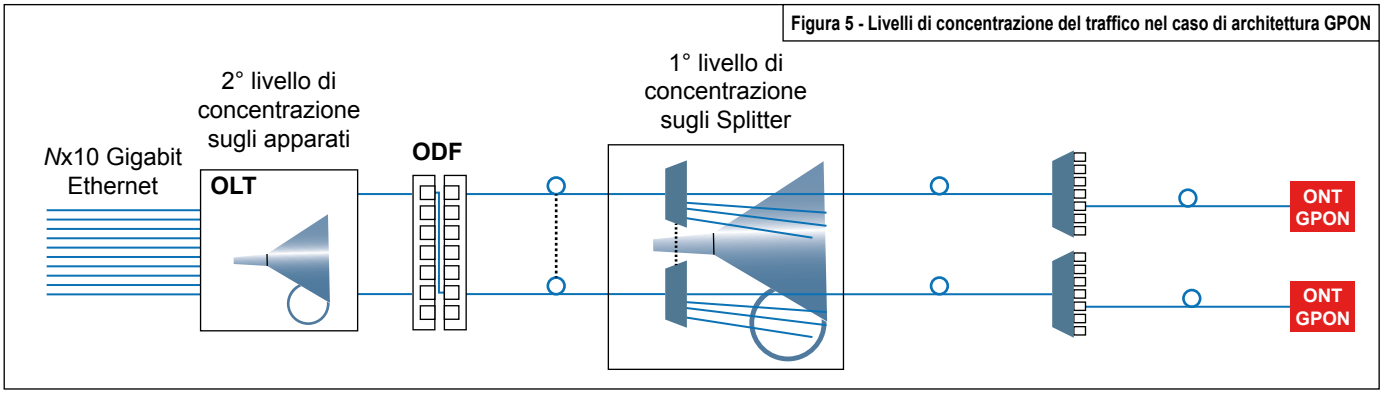


Figura 5 - Livelli di concentrazione del traffico nel caso di architettura GPON

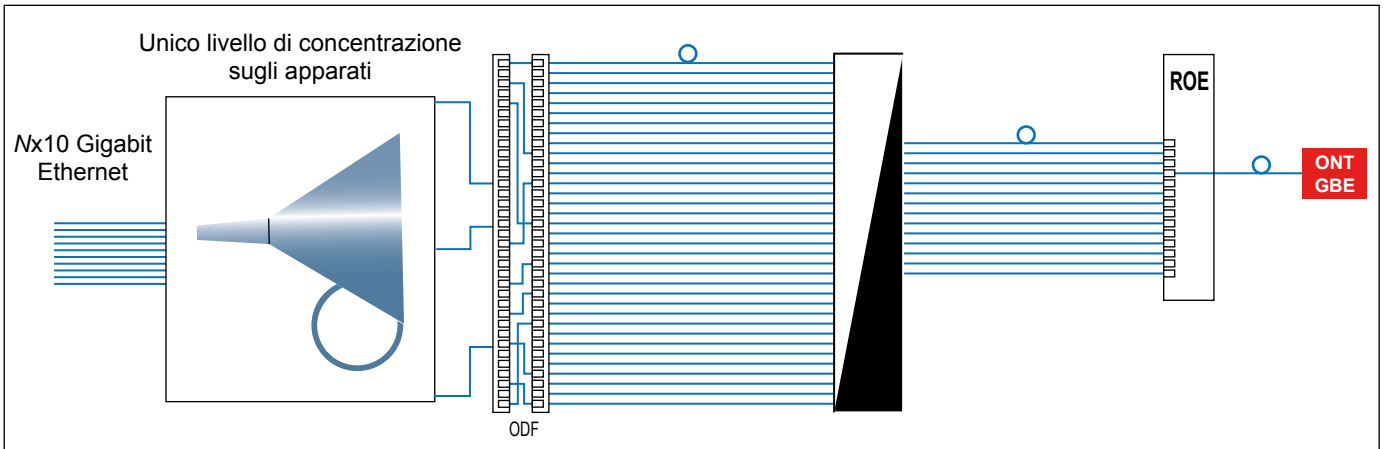


Figura 6 - livelli di concentrazione del traffico nel caso di architettura Punto-Punto

	Europa	Resto del Mondo
GPON	Telefonica; France Telecom; Deutsche Telecom; British Tel/Open Reach; Portugal Telecom; Telenor; SFR; Eircom; Soneacom; Telecom Italia	Verizon; AT&T; NTT; KDDI; Korea TELECOM; LG Powercom; China Telecom; M-NET; Etisalat; Lafayette Utilities System; Nigeria Telecom; Qatari Telecom;Telstra
Punto-Punto	I3; Free; Lyse Telecom; Reggefiber; Swisscom; Telekom Slovenia; Teliasonera	Openet Singapore

Tabella 2 - Tecnologia utilizzata dai principali Operatori che sviluppano reti FTTH

nologia PON. Tale scelta è stata fatta non solo da parte dei grandi Operatori (es. China Telecom, France Telecom, British Telecom, Telecom Italia, Telefonica, Deutsche Telecom, NTT, Verizon, AT&T...), ma anche da Operatori più piccoli (es. Sonaecom in Portogallo, Lafayette Utilities,...).
Come si può osservare dalla Tabella 2 la scelta di sviluppare una rete NGAN in modalità Punto-Punto è stata fatta in una minoranza di casi, prevalentemente da Operatori nuovi entranti. I fattori comuni a chi ha fatto questo tipo di scelta sono la presenza di ampie infrastrutture riutilizzabili e un numero di clienti potenziali non elevato.

3 La scelta Telecom Italia

Capex, Opex e aspetti operativi sono fattori chiave per la scelta della soluzione su cui basare la costruzione della NGAN, per questo motivo, a valle di approfondite analisi tecniche ed economiche, Telecom Italia ha scelto le seguenti architetture basate sulla tecnologia GPON:

- FTTH (*Fiber To The Home*), basata su tecnologia GPON, per la clientela residenziale, SOHO e SME;
- FTTB (*Fiber To The Building*), basata su tecnologia GPON/VDSL2, come alternativa all'FTTH, laddove quest'ultima fosse di difficile applicabilità;
- FTTC (*Fiber To The Cabinet*) basata su tecnologia GPON/VDSL2, nei casi di reti metropolitane più periferiche caratterizzate da minore presenza di infrastrutture preesistenti e da una dispersione abitativa più marcata rispetto ai tipici condomini delle aree metropolitane.

Le caratteristiche comuni alle architetture di accesso FTTx sono la condivisione della stessa rete fisica di accesso in fibra ottica (ODN) che parte dall'apparato per l'attestazione delle fibre (T-ODF), presente nella sede di Centrale, e si dispiega fino agli edifici (salvo nel caso FTTC), dove si individua un punto di terminazione ottica.
Sebbene le architetture FTTx possano condividere la stessa rete fisica di acces-

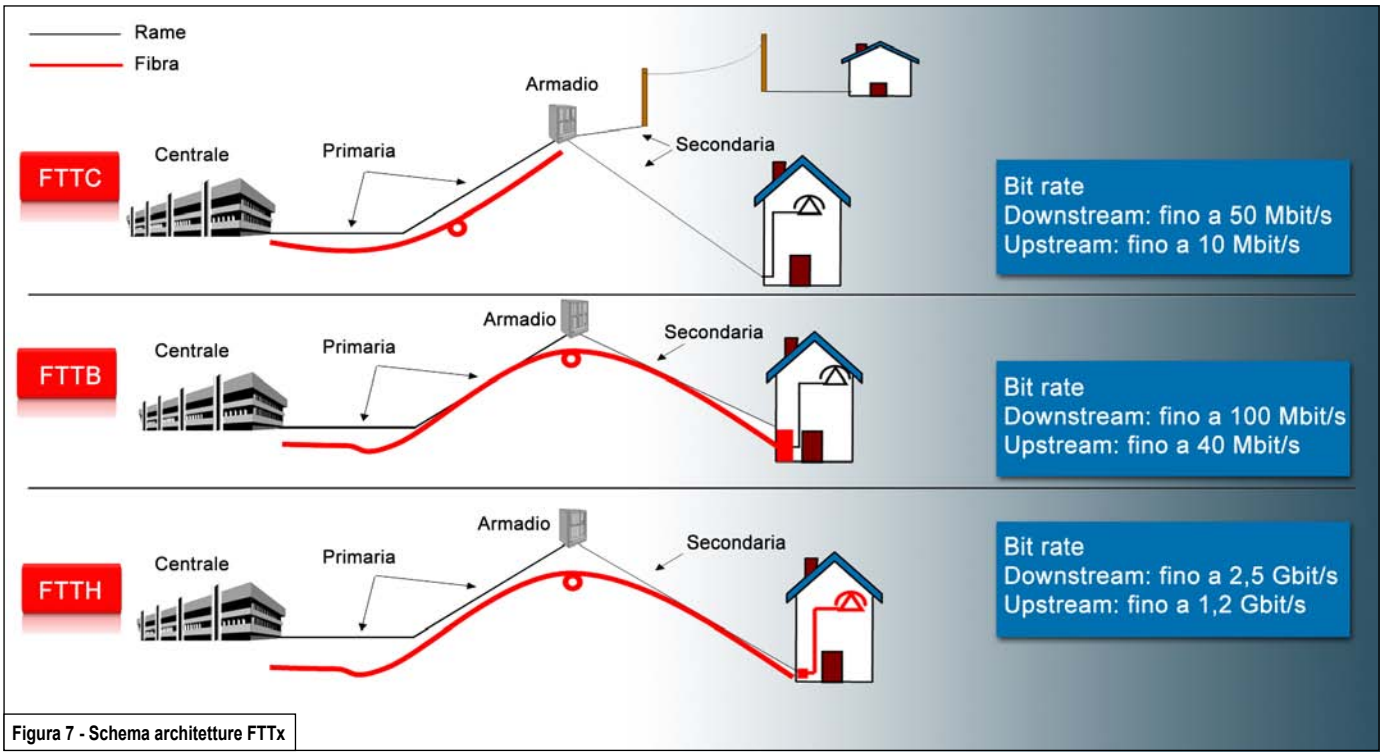


Figura 7 - Schema architetture FTTx

so in fibra ottica, il disegno della ODN e il dimensionamento degli splitter ottici passivi sarebbero in generale totalmente differenti nel caso di architettura completamente FTTH o completamente FTTB.
Telecom Italia ha tuttavia deciso di progettare la ODN secondo l'architettura FTTH e, in fase di realizzazione, consentire anche l'utilizzo di FTTB in casi limitati. Per motivi dimensionali e tecnici (power budget) la scelta opposta non sarebbe perseguibile.
Le tre architetture FTTx, da un punto di vista architetturale, si differenziano invece per la tratta in fibra ottica, l'eventuale utilizzo del doppino in rame e conseguentemente l'invasività lato cliente:

- **FTTH** (*Fiber To The Home*) - La fibra ottica viene installata fino all'interno della casa del cliente. La ODN è estesa fino al cliente mediante l'installazione di un piccolo armadio (ROE - Ripartitore Ottico di Edificio), che non necessita di alimentazione elettrica. Il ROE è tipicamente installato nei locali alla base dell'edificio; dal ROE si dipartono fibre (cavo ottico verticale) dedicate ai clienti dell'edificio e, in alcuni casi, anche di edifici limitrofi. Dal pianerottolo è poi necessario collegare il cavo ottico verticale con una tratta di fibra ottica, che arrivi fino all'appartamento del cliente (sbraccio orizzontale) per poi essere terminata in una borchia ottica o ibrida (ottica + rame) passiva.
- **FTTB** (*Fiber To The Building*) - La ODN è terminata in un Cabinet (ONU) che necessita di alimentazione elettrica, posto solitamente alla base dell'edificio. La ONU è dimensionata per servire tutti i clienti dell'edificio. Il cliente è collegato alla ONU mediante il doppino in rame esistente, in tecnologia VDSL2. La soluzione è meno invasiva della precedente per il cliente, in quanto non richiede il cablaggio del verticale di edificio e la posa di una borchia passiva in casa. D'altra parte offre prestazioni in termini di bit rate minori e, come detto, richiede l'installazione di un apparato alimentato alla base dell'edificio.
- **FTTC** (*Fiber to the Cabinet*) overlay - La ODN è terminata in un C abinet che necessita di alimentazione elettrica, posto sulla sommità dell'attuale armadio riparti linea della rete in rame. Al momento il cabinet overlay ha la possibilità di servire 48 clienti, un numero considerato accettabile per un test di mercato nella zona di applicazione, inoltre può essere telealimentato da Centrale. Con questa soluzione il cliente è collegato al Cabinet mediante il doppino in rame esistente (rete secondaria) in tecnologia VDSL2. Questa soluzione è la meno invasiva per il singolo cliente e per la collettività, in quanto non richiede il cablaggio del verticale di edificio e la posa della rete secondaria. D'altra parte offre prestazioni, in termini di bit rate, decisamente minori di quelle raggiungibili in FTTH e non può servire tutti i clienti dell'Area armadio, ma solo una parte di essi. In caso di successo del servizio, in cui le richieste superino le disponibilità, si prevede di proseguire con lo sviluppo della fibra ottica in modalità FTTH e di recuperare il cabinet per andarlo a posizionare in una nuova zona.

3.1 Tecnologie utilizzate per la NGAN

3.1.1 *Tecnologia VDSL2*

Nei casi in cui si utilizzi una soluzione FTTB o FTTC si prevede il riutilizzo della porzione terminale dell'attuale rete di accesso in rame; su quest'ultimo tratto viene introdotta la tecnologia VDSL2, in particolare l'implementazione VDSL2 dello Standard ITU-T G.993.2-2006 secondo il piano spettrale 998 (già recepito in O. R. 2007 per l'accesso disaggregato alla rete TI), con i diversi profili: 12a, 17a e 30a; la modalità di trasporto a pacchetto adottata è di tipo Ethernet (IEEE 802.3ah, Ethernet in the First Mile).
Per le linee VDSL2 sono utilizzati meccanismi per il controllo della potenza di emissione del segnale (DPBO-Downstream Power Back-Off ed UPBO-Upstream Power Back-Off), che permettono la coesistenza nello stesso cavo di sistemi VDSL2 dispiegati da Centrale (DPBO) e di sistemi collegati con loop di lunghezza differente fra loro (UPBO).
La tecnologia VDSL2 è oggetto di continue innovazioni orientate ad aumentare la stabilità e il bit rate della linea in rame. In particolare:

- per il 2011 sono previste a livello commerciale funzionalità di ritrasmissione di livello fisico (standard ITU-T G.998.4). Si tratta di un nuovo metodo di protezione delle linee xDSL dal rumore impulsivo, che necessita di implementazioni sia lato apparato di Centrale, sia lato cliente (CPE). La funzionalità aumenta la stabilità dei collegamenti in rame, portando significativi benefici in termini di qualità del servizio.
- Per il 2012 sono previste funzionalità di vectoring (standard ITU-T: G.993.5). Il vectoring è un metodo di trasmissione che utilizza il coordinamento dei segnali sulle linee a livello fisico, allo scopo di ridurre i livelli di crosstalk e incrementare le prestazioni del sistema. Il segnale da trasmettere sulla singola linea viene pre-condizionato in modo che il crosstalk aggiunto dalle altre linee produca al ricevitore il segnale desiderato (come se non ci fosse stato crosstalk). Richiede notevoli capacità di calcolo con conseguente maggiore complessità lato apparato. Il vectoring unito alla ritrasmissione consentirà di aumentare notevol-

mente il bit rate sulle linee corte e, a tendere, in scenari FTTB sarà possibile raggiungere prestazioni comparabili a quelle dell'attuale FTTH.

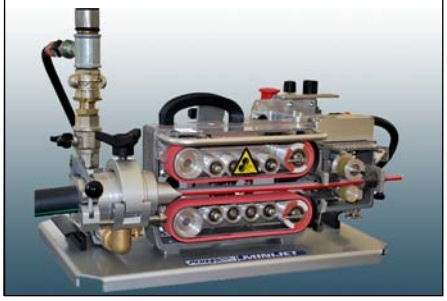
3.1.2 *Tecniche di posa e di scavo*

Nello sviluppo della NGAN, laddove non siano presenti tubazioni preesistenti, sarà necessario provvedere alla realizzazione di nuove infrastrutture. Le tecniche di scavo tradizionale sono molto costose e presentano problemi nell'ottenimento dei permessi da parte degli enti comunali. D'altra parte, come abbiamo visto, la scelta della GPON riduce notevolmente la necessità di fibre e quindi, compatibilmente con le condizioni installative e con i regolamenti locali (es. profondità dello scavo), è possibile fare uso di tecniche di posa più snelle (minitrincea, no-dig leggero, ecc.) caratterizzate da un basso impatto ambientale e un notevole contenimento dei costi.
Negli ultimi anni, Telecom Italia ha condotto diverse sperimentazioni in campo, utilizzando le nuove tecniche di posa congiuntamente all'impiego del sistema minitubo/minicavo per la costruzione delle infrastrutture contenenti cavi in fibra ottica. È stato dimostrato che l'impiego di questo sistema, in abbinamento a diverse tecniche di realizzazione, presenta notevoli vantaggi, in particolare per la velocità di realizzazione, l'economicità e i ridottissimi impatti ambientali. È stato possibile quindi instaurare un proficuo dialogo con le Amministrazioni locali, al fine di rendere più veloci gli adempimenti burocratici, anche nell'ottica della risoluzione del Digital Divide.
Il sistema si è dimostrato valido per la realizzazione di nuove infrastrutture, ma è anche estremamente versatile per il re-impiego di tubazioni congestionate, già occupate da altri cavi, consentendo all'operatore di telecomunicazioni di ottimizzare l'utilizzo del proprio assett infrastrutturale.

3.1.2.1 I materiali (minitubi, minicavi)

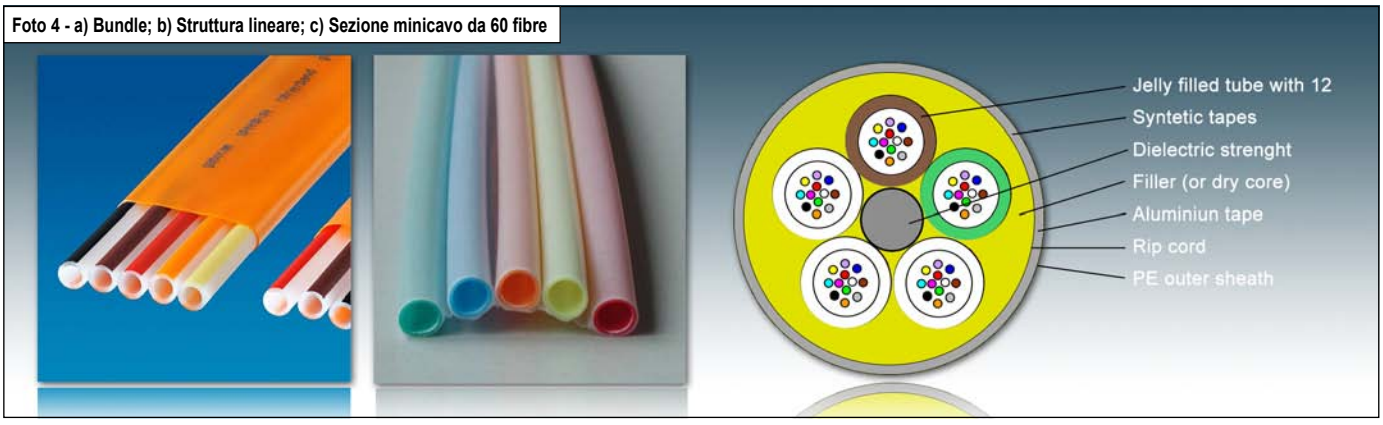
I minitubi singoli sono costituiti di polietilene ad alta densità (HDPE); Telecom Italia ne ha standardizzato due versioni, uno di dimensioni 10/12 mm per posa all'interno di tubazioni esistenti, l'altro da 10/14 mm per posa interrata.
La superficie interna del minitubo è trattata per minimizzare l'attrito durante la posa del cavo.
I singoli minitubi possono essere organizzati in bundle all'interno di una guaina di polietilene (Foto 4a) o in una struttura lineare nella quale i tubi sono tenuti insieme da un sottile strato di plastica che permette la configurazione di diverse geometrie durante la posa (Foto 4b).

Macchina "MINIJET" per il soffiaggio del minicavo



La posa avviene mediante il soffiaggio di aria e pertanto i minitubi e i relativi accessori di giunzione devono sopportare una pressione di 30 Bar (60 Bar per la posa interrata).
La Foto 4c rappresenta un esempio di sezione di minicavo. Il nucleo del cavo ottico per posa all'interno dei minitubi è costituito da tubetti, con 12 fibre per tubetto, cordati ad elica aperta (SZ) intorno ad un elemento centrale dielettrico. La guaina esterna è in Polietilene; può essere presente sotto la guaina una protezione aggiuntiva consistente in un foglio di alluminio (Polylam). La potenzialità massima dei cavi è di 144 fibre con diametro esterno inferiore a 8 mm. La massima forza di tiro applicabile è 750 N; tale valore è comunque indicativo in quanto i minicavi sono installati con la tecnica del soffiaggio (blowing).
L'impiego del minicavo ha comportato l'adozione di una nuova tipologia di

Foto 4 - a) Bundle; b) Struttura lineare; c) Sezione minicavo da 60 fibre



imbocchi per le muffole di giunzione: al posto della tradizionale guaina termorestringente è necessario impiegare degli imbocchi con guarnizioni "a freddo" costituiti di particolari gel o gomme siliconiche. Inoltre, considerate le ridotte dimensioni di tutta l'impiantistica, sono state sperimentate muffole di giunzione di dimensioni ridotte studiate in particolare per la rete di accesso, che assicurano semplificazioni impiantistiche e costi ridotti.

3.1.2.2 Un esempio di minitrincea: One Day Dig

Con il termine "minitrincea" si intende normalmente uno scavo realizzato utilizzando idonee frese a disco montate su opportuna macchina operatrice di piccole dimensioni. Il taglio dello scavo risulta netto in superficie, evitando in modo assoluto di lesionare la pavimentazione limitrofa alla sezione di scavo. Le dimensioni della sezione dello scavo prevedono a seconda delle tecnologie utilizzate una larghezza compresa tra 5 e 15 cm ed una profondità compresa tra 30 e 40 cm.

La tecnica di scavo denominata One Day Dig è paragonabile ad una minitrincea ridotta e vede l'ottimizzazione di tutti i processi di lavorazione, incluso l'utilizzo dei materiali. Con il sistema One Day Dig è possibile minimizzare i tempi di apertura dei cantieri, aprendo e chiudendo lo scavo in modo definitivo nella stessa giornata. La tecnica del One Day Dig si sviluppa in due fasi principali:

- scavo della mini-trincea, con sezione 5 cm (anziché i 10 cm della minitrincea tradizionale) e profondità di 35/40 cm, e successiva posa dei tubi con cavi ottici;
- copertura dello scavo e ripristino immediato della sede stradale.

Questa soluzione consente di interrare i cavi anche nelle aree urbane più congestionate dal traffico e l'innovazione più importante introdotta consiste nell'uso contemporaneo delle varie macchine coinvolte nei lavori: una fresa di nuova concezione è collegata ad un mezzo aspiratore, predisposto per la raccolta del materiale di scavo (Foto 5a), oltre ad un innovativo sistema per la creazione e posa della miscela per la chiusura della trincea ed il ripristino stradale. Un'altra significativa innovazione riguarda una speciale malta, utilizzata per chiudere la mini-trincea e completare l'opera (Foto 5c).

A differenza delle tecniche tradizionali, che prevedono l'utilizzo di diversi materiali in momenti separati, nella soluzione One Day Dig il materiale di ripristino viene posato immediatamente e consente la carrabilità della sede stradale in 2/3 ore con caratteristiche estetiche e strutturali analoghe alle precedenti. La tecnica è stata ampiamente sperimentata nel corso degli ultimi due anni, evidenziando i seguenti risultati:

- la sezione dello scavo si è presentata lineare e senza sbavature laterali;
- i residui di lavorazione sono stati efficacemente asportati sia all'interno della sezione di scavo sia ai margini del manto stradale non lasciando alcuna traccia degli stessi;
- le attività sono state eseguite in modo sequenziale (fresatura, asportazione dei residui, posa del tubo, ripristino);
- la velocità di lavorazione è notevolmente superiore rispetto alle tecniche tradizionali e dopo poche ore la strada è stata riaperta al traffico;
- il risparmio ottenuto è stato pari al 40% rispetto alla tecnica tradizionale.

La serie Foto 5 illustra alcune fasi di lavorazione One Day Dig.

Nel corso del 2010 sono state sperimentate ulteriori tecniche innovative quali frese miniaturizzate e telecomandabili, che permettono di realizzare trincee di larghezza inferiore a 5 cm e profondità di circa 25 cm, all'interno della quale è possibile posate un fender da 3 o 5 minitubi.

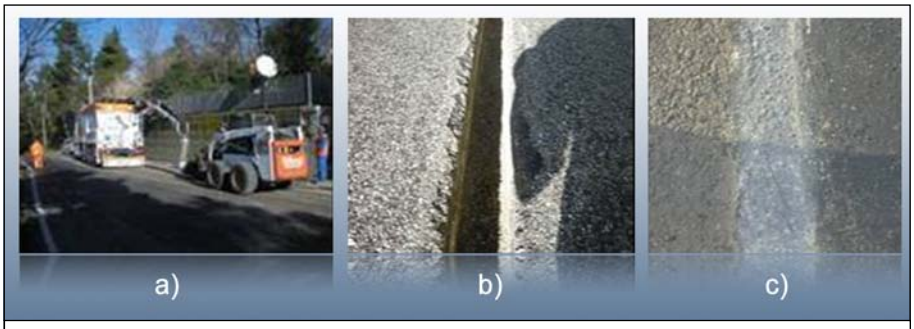


Foto 5 - a) Esecuzione scavo e asportazione rifiuti; b) Caratteristiche scavo; c) Ripristino scavo con la malta speciale

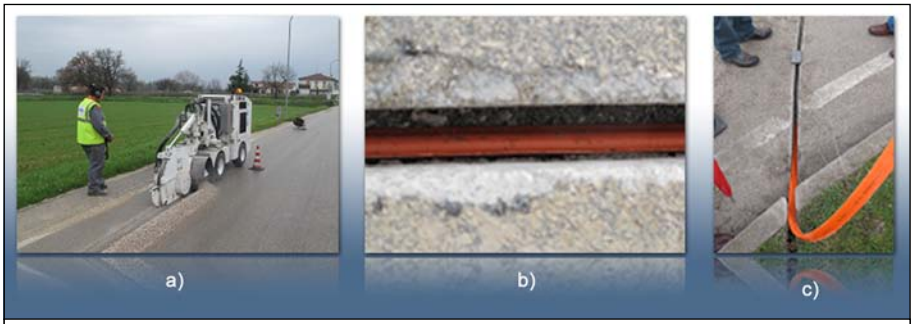


Foto 6 - a) Minifresa "Marais"; b) Aspetto della trincea; c) Posa del fender da 3 minitubi

Figura A - INnovation LAB: Foto ambiente Rete

INnovation LAB

A fine 2010, Telecom Italia ha inaugurato a Torino, presso la sede TILAB, una struttura dimostrativa denominata INnovation LAB e dedicata alla memoria di Basilio Catania. L'INnovation LAB è un nuovo modo di concepire il laboratorio, come spazio realistico, aperto agli stakeholder, costantemente aggiornato con servizi innovativi e soluzioni tecnologiche. Ha l'obiettivo di permettere al visitatore, esperto e non, di avere un'esperienza completa sul mondo Broadband e Ultrabroadband e cioè:

- comprendere cosa vuol dire sviluppare una Nuova Rete di Accesso in fibra;
- sperimentare e vivere i nuovi servizi.

Ambiente rete dell'INnovation LAB

Next Generation Access Network. Si sviluppa in 3 scenari:

- Centrale, per toccare con mano gli apparati e capire le implicazioni delle scelte tecnologiche in termini di ingombri e consumi.
- Strade pubbliche, per comprendere le problematiche degli scavi.

	GPON Punto-Multipunto (fattore di splitting 1:128)	Gigabit Ethernet Punto-Punto
Apparati per 1500 clienti	1 rack, con 1 apparato equipaggiato con solo 2 schede da 8 porte	3 rack, da 2 apparati ognuno con 16 schede da 16 porte
	2 giorni uomo per l'installazione	10 giorni uomo per l'installazione
	Consumi annui per 20.000 clienti: 32 MWh	Consumi annui per 20.000 clienti: 525 MWh
Permutatore ottico per 1500 clienti	16 bretelle da una fibra, circa 160 metri di fibre	128 bretelle da 12 fibre, 1500 permute, più di 22 km di fibra
	2 giorni uomo per l'installazione	40 giorni uomo per l'installazione
Rete Primaria per 7500 clienti	1 minicavo da 144 fibre	60 minicavi da 144 fibre ognuno

Tabella A - I numeri dell'Ambiente rete

Figura B - INnovation LAB: Foto ambiente Home/office

- Edificio, per verificare la bassa invasività delle soluzioni di cablaggio.

Sono presenti tutti gli elementi significativi che caratterizzano le diverse opzioni di dispiegamento della NGAN GPON:

- FTTH – Fiber to the Home.
- FTTB – Fiber To The Building.
- FTTC overlay – Fiber To The Cabinet.

Sono inoltre messe a confronto le due alternative architetturali di sviluppo della NGAN: GPON punto-multipunto vs Ethernet Punto-Punto.

Gli apparati	■ 33 apparati connected ■ 7 TV (superficie display 6 mq) ■ 10 PC ■ 7 TB di capacità complessiva di storage ■ 1000000 MIPS di capacità computazionale complessiva (stima)
Gli impianti	■ 140 mq di area adibita a casa e ufficio ■ 110 punti LAN ■ 80 prese elettriche ■ 16 prese TV ■ 16 punti luce “domotici” ■ 1650 m di cavi UTP ■ 150 m di fibre ottiche plastiche (POF) ■ 100 Mbps di banda disponibile in downlink/uplink

Tabella B - I numeri dell’Ambiente Home/office

Ambiente Home/office dell’INnovation LAB

La sezione Home/office dell’INnovation LAB consente al visitatore di sperimentare molteplici opzioni applicative e di servizio, innovative e abilitate anche dalla NGAN.

Si sviluppa in 3 scenari:

- Area domestica (soggiorno, Home Office, cucina).
- Area Business/ufficio.
- Area Outdoor: architetture per lo Smart Metering.

È possibile sperimentare i servizi più innovativi in studio per il mercato business e consumer, quali:

- Servizi basati su comunicazione video ad alta qualità.
- Immersive Telepresence: collegamento con altra sala attrezzata in TILAB.
- MyDoctor@Home con teleassistenza: rilevamento di parametri biomedici e teleconsulto video.
- Telelavoro: postazione con controllo remoto robot SAR Labs.
- Video Entertainment: HD/3D Premium Content & Multiroom.
- Servizi di Connected Home: domotica e gestione dei consumi domestici.
- Servizi Business di Collaboration e Cloud Computing: piattaforma Ospit@ Virtuale+.
- Soluzioni innovative di Indoor Networking.
- Smart Metering: telelettura dei contatori di acqua, luce e gas.

3.1.2.3 No Dig Leggero

La tecnica del No Dig Leggero consiste nella posa di un monotubo con diametro inferiore a 50 mm, contenente quattro minitubi 10/12 mm con protezione antiroditore, senza eseguire scavi lungo il tratto da realizzare, aprendo solamente 2 buche a inizio e fine tratta. I vantaggi di questa tecnica, che facilitano la concessione di permessi da parte degli Enti proprietari delle strade, sono:

- i costi dei ripristini della pavimentazione stradale sono ridotti al minimo (2 buche);
- l'impatto sulla viabilità stradale è minimizzato;
- l'impatto ambientale è ridotto dall'assenza di materiali da portare a discarica, dalle dimensioni ridotte del foro, che non ha impatto sulla struttura stradale preesistente e infine dalla possibilità di non intaccare gli apparati radicali delle piante;
- i tempi di realizzazione sono notevolmente ridotti rispetto alle tecniche tradizionali.

Prima di eseguire l'attività di perforazione è necessario effettuare un'indagine Georadar sull'intera tratta interessata al fine di individuare tutte le infrastrutture esistenti.
Un esempio di impiego di questa tecnologia è l'impianto realizzato nel 2009 per un collegamento in Fibra Ottica in località Spoleto (PG), su un tratto di circa 1.200 metri. Tutta l'attività di perforazione ed equipaggiamento dell'infrastruttura è stata eseguita in 3 giorni, a fronte dei 10 gg necessari con lo scavo tradizionale.
La serie Foto 7 illustra alcune fasi di lavorazione del No Dig Leggero.

3.1.2.4 Posa di minitubi in infrastrutture esistenti

Questa tipologia di posa permette senza alcun dubbio di ottimizzare le infrastrutture esistenti, sfruttando al massimo tutti gli spazi disponibili di ogni tubo con l'obiettivo di posticipare il più possibile gli interventi di ampliamento delle infrastrutture e quindi ottenere significativi benefici economici.
I minitubi 10/12 mm sono utilizzabili per il sottoequipaggiamento di tubi esistenti liberi o parzialmente occupati per esempio da cavi in rame; il numero di minitubi alloggiabili è funzione del diametro dei tubi stessi e degli eventuali cavi presenti in essi.
Anche per questa soluzione tecnica i rischi di danneggiamenti ad altre infrastrutture sono ridotti, in quanto non debbono essere eseguiti interventi infrastrutturali, e quindi:

- gli Enti rilasciano facilmente i permessi per l'accesso alle infrastrutture esistenti;
- i costi dei ripristini della pavimentazione stradale sono praticamente eliminati;
- l'impatto sulla viabilità stradale è nullo con tempi di realizzazione minimi.

Con questa soluzione tecnica sono stati eseguiti negli ultimi due anni vari impianti nella Regione Umbria, in particolare a Spoleto e Perugia, per tratti variabili da 800 metri sino a 3200 metri. L'equipaggiamento delle infrastrutture con minitubi ha portato significativi benefici economici, in quanto, la loro saturazione avrebbe comportato investimenti di molte decine di migliaia di Euro e tempi realizzativi molto più lunghi rispetto a quelli ottenuti con l'impiego della sottotubazione.
La serie Foto 8 illustra alcune fasi di lavorazione con l'utilizzo dei minitubi. È utile precisare inoltre come questa tecnica dei minitubi possa trovare applicazione anche su infrastrutture di Terzi.
A tal riguardo la serie Foto 9 mostra un impianto sperimentale, eseguito nel 2009, in località Montemarciano (An), su infrastrutture della pubblica illuminazione rese disponibili dal Comune, per un totale di circa 700 metri.
L'infrastruttura della pubblica illuminazione (tubo Ø 60 mm) era parzialmente occupata da un cavo elettrico e pertanto l'attività eseguita è stata quella di sotto-tubare il tubo principale con 2 minitubi da 12 mm di diametro esterno.
Per questa soluzione tecnica i rischi di danneggiamenti di altre infrastrutture in fase di realizzazione sono stati ridotti, in quanto non sono stati eseguiti interventi infrastrutturali e quindi:

- il Comune ha rilasciato facilmente i permessi per eseguire l'intervento;
- i costi dei ripristini della pavimentazione stradale sono stati praticamente eliminati;
- l'impatto sulla viabilità stradale è stato nullo;
- i tempi di realizzazione sono stati ridotti di circa 8 gg;

Foto 7 - a) Tubo da 40 mm equipaggiato con 4 minitubi; b) Esecuzione dello scavo; c) Asta perforatrice e tubo con 4 minitubi

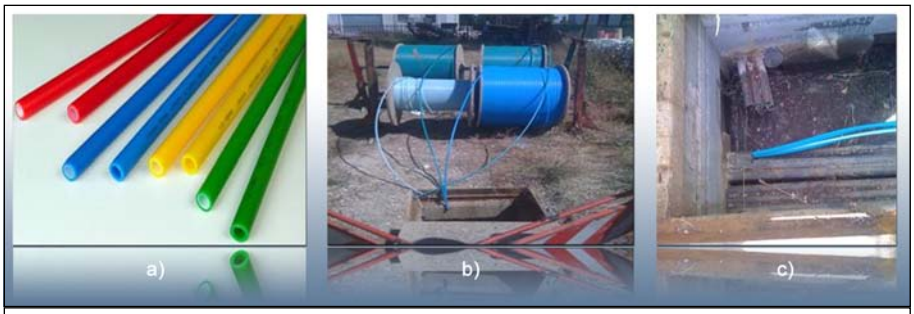


Foto 8 - a) Minitubi; b) Predisposizione dei Minitubi; c) Uscita dei Minitubi dalle infrastrutture esistenti

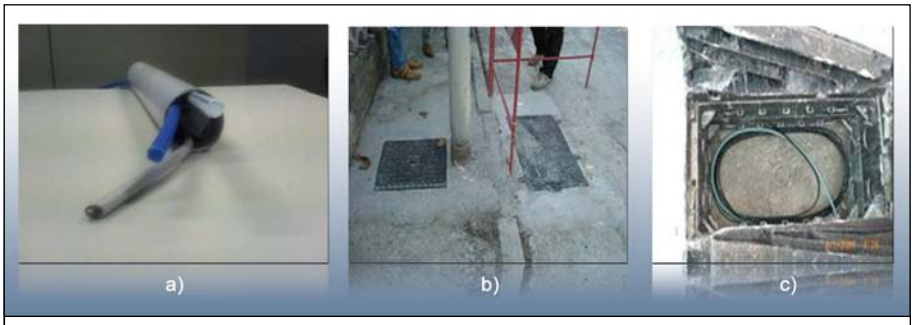


Foto 9 - a) Rappresentazione tubo illuminazione con i 2 minitubi e il cavo elettrico; b) Pozzetti della pubblica illuminazione e Telecom separati per le due tipologie di cavi; c) Minitubo e cavo ottico all'interno del Pozzetto Telecom

- i benefici economici sono stati pari al 40%.

Nel corso del 2010 la tecnica di posa all'interno d impianti di pubblica illuminazione è stata applicata in svariate realtà sul territorio nazionale, previa stipula di convenzioni "ad hoc" con i gestori a livello locale. Sono stati confermati i saving economici emersi dalla sperimentazione.

3.1.2.5 Posa in condotte fognarie

Un'altra infrastruttura esistente che si può utilizzare per la posa di cavi ottici è quella fognaria. Telecom Italia ha realizzato recentemente (Gennaio 2010) nel comune di Ancona un collegamento in fibra ottica sperimentale attraverso l'uso delle infrastrutture fognarie evitando scavi a cielo aperto, riducendo costi di realizzazione, abbattendo gli impatti ambientali e riducendo i tempi di realizzazione. Dopo l'ottenimento dei permessi dal Comune di Ancona (proprietario delle infrastrutture) e la successiva stipula di un Accordo con il gestore della rete fognaria (Multiservizi) indispensabile per regolare le attività di esercizio e manutenzione, con il supporto del fornitore Kabelwerke BK, è stato progettato e realizzato un collegamento in fibra ottica (unico mai realizzato prima da Telecom Italia) di circa 1 km nella rete fognaria esistente (Figura 8a).

Per la posa si è utilizzato un cavo speciale SewerLINK da 96 fibre (Figura 8b) interamente protetto da un polimero speciale molto resistente agli agenti chimici corrosivi che si possono trovare nel liquame fognario e da un'ulteriore struttura in acciaio che garantisce una totale resistenza al morso dei roditori ed elevatissime performance, anche dal punto di vista meccanico.

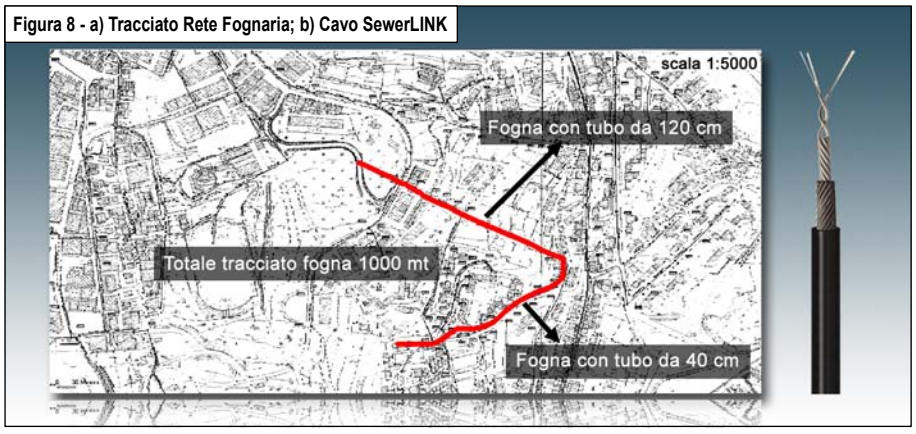
Adesso si tratterà di riscontrare possibili problematiche, nel corso del tempo, legate ad eventuali piene del flusso fognario, anche se i dati storici, relativi alle referenze finora acquisite da Kabelwerke BK (quasi 1.000 km di cavo già posato), sono incoraggianti.

Una possibile futura implementazione della tecnica di posa in condotte fognarie prevede l'impiego di un insieme di minitubi protetti da una struttura in fili di acciaio e opportune guaine, in modo da creare una sottotubazione nella quale posare minicavi di tipo tradizionale. Questo tipo di applicazione, dato che garantisce maggiore flessibilità sia nella fase di installazione sia nel supporto di futuri sviluppi di rete, sembra molto promettente in ottica NGN.

3.1.3 *Tecniche di cablaggio degli edifici*

Il cablaggio dell'edificio può prevedere, a seconda del contesto, sia tecniche installative sia prodotti molto diversi. Innanzitutto è opportuno distinguere l'ambito legato agli edifici di nuova re-

Figura 8 - a) Tracciato Rete Fognaria; b) Cavo SewerLINK



alizzazione (detto Greenfield) dall'ambito legato agli edifici esistenti (detto Brownfield).
Il contesto Grenfield, se il costruttore ha realizzato le infrastrutture secondo quanto indicato nelle norme CEI[5] e TI esistenti, presenta pochi vincoli sia a livello di prodotti sia di tecniche installative e sul mercato sono disponibili molti prodotti maturi per questa applicazione.
Il contesto Brownfield invece rappresenta uno degli elementi più sfidanti nel dispiegamento di un'architettura FTTH, con impatti di tipo sia tecnico sia economico. Le difficoltà maggiori sono dovute a:

- limitata disponibilità di infrastrutture TLC, soprattutto negli edifici più datati;
- problemi per ottenere il permesso, da parte degli amministratori di condominio, per la posa della fibra ottica;
- normative risalenti "all'età del rame".

In questo contesto è quindi fondamentale identificare soluzioni tecnologiche e tecniche installative che consentano di cablare gli edifici esistenti con il "minimo impatto" sull'edificio stesso e sui costi di realizzazione della rete, sfruttando il più possibile le infrastrutture esistenti nei palazzi. Le stesse soluzioni e tecniche identificate per il Brownfield possono poi essere eventualmente usate anche in un contesto meno sfidante come quello Greenfield.
Le infrastrutture esistenti negli edifici italiani possono essere classificate in esterne ed interne. Quelle esterne sono costituite dai percorsi aerei dei raccordi d'utente in rame sulla facciata dell'edificio e, soprattutto nelle aree di Centrale caratterizzate dalla presenza di grossi agglomerati di condomini, da percorsi aerei interni che già collegano in serie gli edifici (tipicamente attraverso le cantine). Quelle interne invece sono costituite da tubi sottotraccia o da canaline a vista, sia verticali (colonna montante di alimentazione dalla cantina ai piani), sia orizzontali (tratto di collegamento dalla colonna montante verticale agli appartamenti). Negli edifici italiani, i tubi verticali hanno tipicamente un diametro esterno pari a 20 mm, mentre quelli orizzontali di 16 mm. In alcuni casi possono essere presenti anche le tubazioni, realizzate in passato (progetto Socrate di Telecom Italia), con diametri di 32-40 mm per il verticale e di 20-32 mm per l'orizzontale, utilizzabili a fronte dello sfilamento del cavo coassiale.
Le colonne montanti possono essere interamente dedicate alla rete telefonica in rame, ossia occupate dalle sole "trecciole", oppure condivise con i cavetti coassiali della ex-rete Socrate, sia nello stesso tubo che in tubazioni indipendenti.
Nei cavedii di risalita verticale possono inoltre coesistere colonne montanti di diversi servizi, non solo per le telecomunicazioni ma anche per le connessioni all'antenna TV, all'impianto elettrico, al citofono... giusto per citarne alcuni.
L'obiettivo è quindi identificare soluzioni semplici e flessibili, da utilizzare nelle infrastrutture esistenti, senza installare cavi ed accessori "a vista" ai piani o sulla facciata. In tutti gli edifici in cui non sia presente un'infrastruttura interna (ad esempio quelli più vecchi) sarà necessario utilizzare soluzioni da esterno o da interno ma a vista (canaline). Nel caso infine in cui lo stato delle infrastrutture TLC (interne o esterne) impedisca la posa di nuovi cavi ottici, si può prevedere l'utilizzo di risalite sulle condotte dedicate ad altri impianti, quali quello elettrico, citofonico e televisivo, a condizione che una precisa regolamentazione in merito lo consenta.
La soluzione di cablaggio per l'edificio deve rispondere ai seguenti vincoli installativi:

- la potenzialità e le caratteristiche dimensionali e di utilizzo del cavo/i per il verticale devono essere tali per cui sia possibile connettere nel tempo tutte le unità abitative dello stabile con almeno una fibra;
- la posa del cavo/i in fibra all'interno delle colonne montanti deve essere eseguita non in sostituzione del rame, ma in affiancamento;
- le dimensioni e l'operatività degli accessori impiegati devono essere compatibili con le dimensioni e gli spazi ridotti delle scatole di derivazione al piano, con i raggi di curvatura prescritti dalle norme per le fibre ottiche e con le esigenze di riaccessibilità necessarie per il collegamento nel tempo degli utenti;
- utilizzo di fibre a bassa sensibilità alla curvatura (G.657), ma compatibili con quelle a standard ITU G.652, rispettando nell'installazione i minimi raggi di curvatura previsti dalle norme.

Le due modalità di cablaggio (Figura 9) più promettenti per rispondere alle esigenze sopra descritte si basano su due prodotti differenti:

- il cavo multifibra;
- il cavetto singolo.

Cavo multifibra

L'utilizzo del cavo multifibra prevede:

- l'Installazione del box alla base dell'edificio (ROE – Ripartitore Ottico di Edificio) che ospita l'eventuale splitter pre-connettorizzato, la striscia di attestazione del cavo verticale e la terminazione del cavo di rete;
- la posa, all'interno della tubazione o del cavedio esistenti se possibile, del cavo ottico dimensionato per il "Total replacement" (una fibra per ogni appartamento ed alcune fibre di scorta) e terminato nel box alla base dell'edificio;
- l'estrazione delle fibre ad ogni piano ed installazione delle protezioni sul cavo nei punti di estrazione; ogni fibra è estratta per una lunghezza appropriata per la realizzazione di un giunto al piano;
- il cliente connesso "on demand", uti-

5 CEI EN 50173-50173/A1 e CEI 306-2 (Guida per il cablaggio per telecomunicazioni e distribuzione multimediale negli edifici residenziali) per gli aspetti realizzativi e CEI EN 50174-1, CEI EN 50174-2 e CEI 64-8/4 per gli aspetti di qualità e sicurezza.

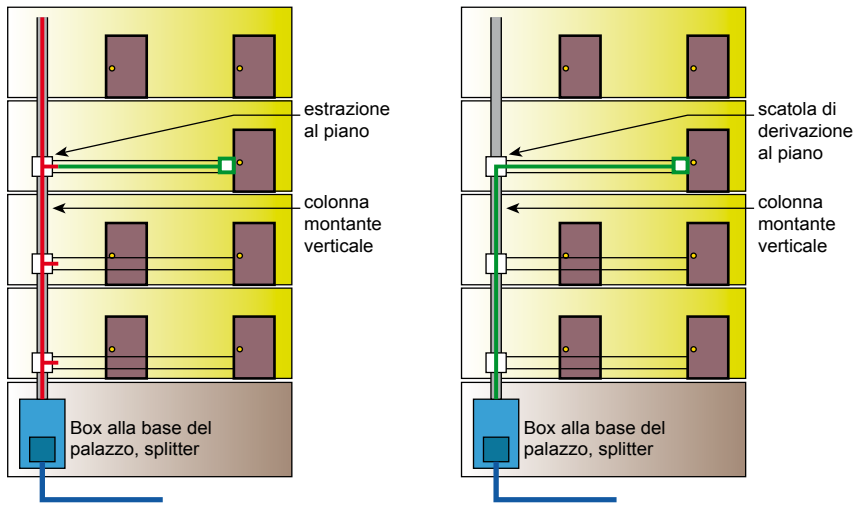


Figura 9 - Le due modalità di cablaggio:cavo multifibra e cavetti singoli

lizzando una bretella in fibra o cavetto di lunghezza adeguata, per mezzo di un giunto protetto al piano;
- la posa di una borchia di utente ibrida rame-fibra, che consenta di sfruttare l'ingresso rame all'appartamento anche per la fibra, unificando il punto di terminazione.

Cavetti singoli

L'utilizzo di cavetti singoli prevede:
- l'installazione di un box alla base dell'edificio (ROE) che ospita l'eventuale splitter pre-connettorizzato, la striscia di attestazione dei cavetti singoli e la terminazione del cavo di rete;
- ogni cliente connesso "on demand" per mezzo di cavetto di lunghezza adeguata, installato direttamente tra il box alla base dell'edificio e l'appartamento, possibilmente all'interno di tubazioni o cavedi esistenti;
- la posa di una borchia di utente ibrida rame-fibra, che consenta di sfruttare l'ingresso rame all'appartamento anche per la fibra, unificando il punto di terminazione.

Il cablaggio verticale di edificio deve essere considerato come un "black-box" che garantisca il collegamento di ogni cliente residente tra il punto di attestazione alla base dell'edificio e la borchia di utente, con caratteristiche ben definite (ad es. attenuazione massima e tipologia di fibra utilizzata); la soluzione tecnica adottata per realizzare il collegamento è pertinenza esclusiva dell'operatore che realizza il cablaggio ed è sostanzialmente indipendente dall'architettura di rete scelta (GPON o Punto-Punto). La modalità di cablaggio con cavo multifibra e con cavetto singolo sono entrambe applicabili, ma devono essere valutate sulla base del contesto installativo. In particolare la soluzione a cavo multifibra è obbligata nel caso in cui l'infrastruttura esistente non permetta di inserire un numero di cavetti singoli sufficiente a cablare tutti gli utenti del palazzo. Nel caso in cui invece ci sia spazio a sufficienza, la scelta può essere fatta sulla base della convenienza economica.

Nel cablaggio di edificio, oltre ai cavetti ottici e al ROE (Figura 10), assumono un ruolo fondamentale anche i cosiddetti accessori e soprattutto i tool a disposizione degli installatori (Figura 11), quali:
- connettori ottici montabili in campo per la terminazione dei cablaggi in campo all'atto dell'attivazione on demand del servizio per i clienti (a);
- accessori e strumenti per l'estrazione delle fibre dai cavetti multifibra e per la loro protezione (b);
- accessori e strumenti per la gestione e la protezione dei giunti al piano nel caso di utilizzo di cavetti multifibra (c);

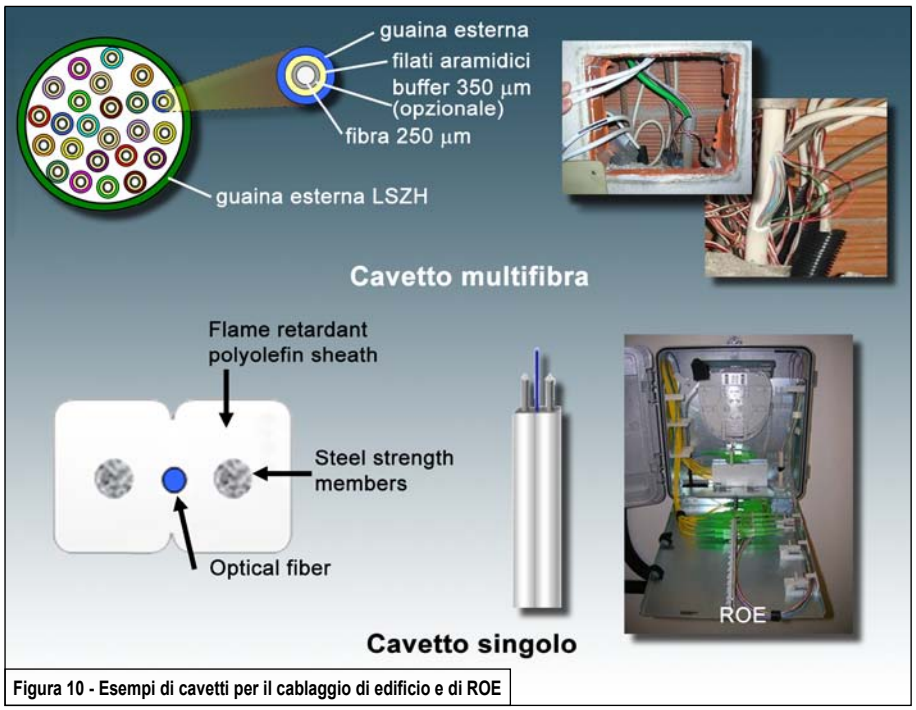


Figura 10 - Esempi di cavetti per il cablaggio di edificio e di ROE

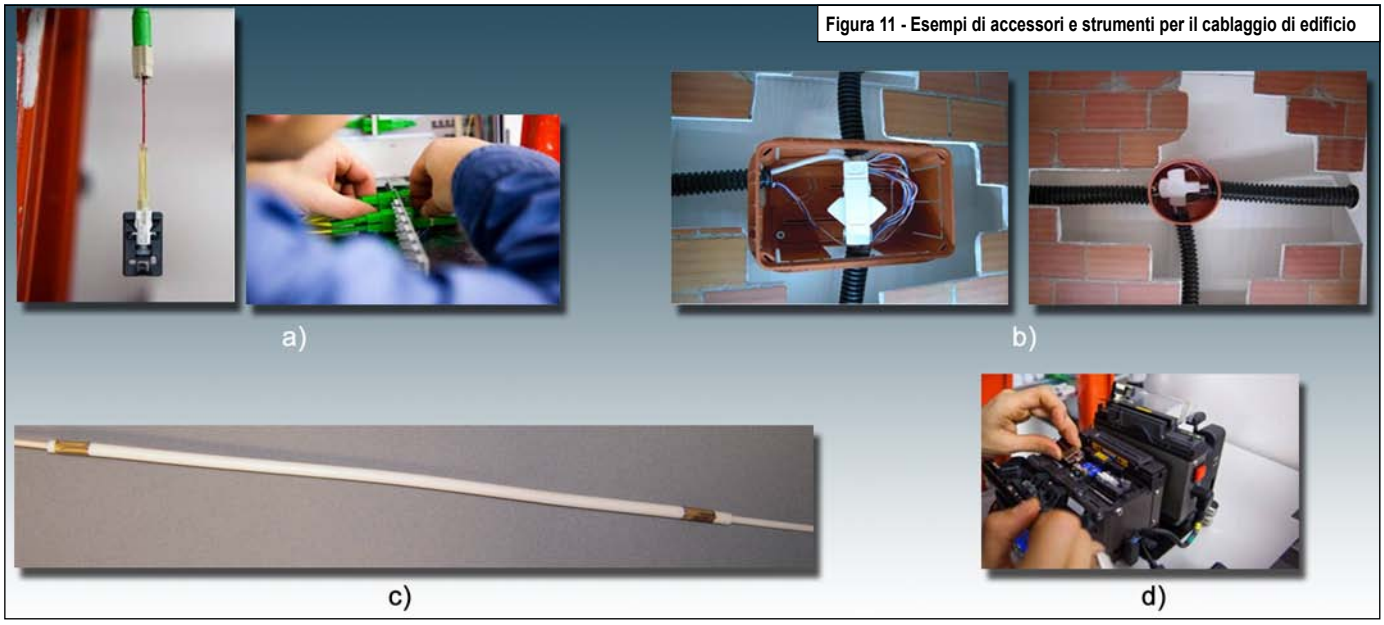


Figura 11 - Esempi di accessori e strumenti per il cablaggio di edificio

- giuntatrici ottiche di dimensioni ridotte e di facile utilizzo per la giunzione delle fibre e la realizzazione dei connettori montabili in campo (d).

Diversi tipi di cavetti, di accessori, di strumenti e di tecniche installative sono oggetto di studi e sperimentazioni in campo da circa tre anni.
Una serie di credibility test condotti con successo su un campione di edifici di Roma, Milano e Torino ha permesso di arrivare ad un discreto grado di maturità delle soluzioni tecnologiche per il contesto brownfield, con la prospettiva di poter cablare una buona percentuale di edifici, sfruttando le infrastrutture esistenti. Dato però che ogni palazzo è diverso dagli altri l'attività è in continua evoluzione.

Conclusioni

La costruzione della NGAN è tutt'altro che semplice: gli investimenti richiesti sono ingenti, i tempi di ritorno lunghi, le sfide tecnologiche molteplici e su più fronti. Nonostante ciò, la NGAN è indispensabile per mantenere il livello di rinnovamento dei servizi di telecomunicazioni, sia fissi sia mobili, a livello di quello che il nostro Sistema Paese ha vissuto in questi anni.
In molte parti del Mondo (Giappone, Cina, USA, ecc.) gli sviluppi della nuova rete di accesso sono già partiti e procedono a ritmi consistenti. Alcuni Operatori (Verizon, NTT) arrivano a prevedere la dismissione totale del rame nel decennio in corso.
L'Europa in questo momento procede a rilento, soprattutto a causa di tematiche regolatorie non completamente risolte. Questo ritardo, se contenuto, può essere utile perché permette di compiere le giuste scelte tecnologiche, grazie al fatto che con il tempo queste tecnologie acquisiscono sempre più un livello di maturità appetibile sia dal punto di vista dell'affidabilità sia dal punto di vista economico.
Telecom Italia è pronta e presidia il tema con molta attenzione:

- sperimentando in campo e in laboratorio le tecnologie più innovative;
- promuovendo incontri bilaterali con gli Operatori internazionali più avanzati nello sviluppo della NGAN;
- costruendo spazi dimostrativi in cui provare e valutare le diverse opzioni tecniche e i nuovi servizi abilitati;
- partecipando agli Enti di Standardizzazione e ricoprendo ruoli di leadership in quelli più significativi (FSAN, ITU, Broadband Forum);

e forte di ciò ha avviato il proprio piano di sviluppo della NGAN ■

patrizia.bondi@telecomitalia.it
fabrizio.montalti@telecomitalia.it
paolo.pellegrino@telecomitalia.it
maurizio.valvo@telecomitalia.it

Acronimi

CPE: Customer Premises Network
ETSI: European Telecommunications Standards Institute
FSAN: Full Service Access Network
FTTB: Fiber To The Building
FTTC: Fiber To The Cabinet
FTTH: Fiber To The Home
GbE: Gigabit Ethernet
GPON: Gigabit capable Passive Optical Network
ITU-T: International Telecommunications Union - Telecommunications Standardisation Sector
NGAN: Next Generation Access Network
NG-PON2: Next Generation – PON 2
ODF: Optical Distribution Frame
ODN: Optical Distribution Network
OLO: Other Licensed Operator
OLT: Optical Line Termination
ONT: Optical Network Termination
ONU: Optical Network Unit
PON: Passive Optical Network
ROE: Ripartitore Ottico di Edificio
SME: Small Medium Enterprise
SOHO: Small Office Home Office
TDM/TDMA: Time Division Multiplexing/Time Division Multiple Access
UI: Unità Immobiliare
VDSL2: Very high speed Digital Subscriber Line 2
WDM: Wavelength Division Multiplexing
XG-PON1: 10 Gigabit-capable PON 1

Patrizia Bondi
Matematica con Master in Telecomunicazioni al Politecnico di Torino, è dal 1994 in Azienda, inizialmente come ricercatrice su aspetti di qualificazione per apparati di commutazione. Con la liberalizzazione nelle telecomunicazioni in Italia, ha incominciato ad occuparsi di Numerazione e aspetti tecnici della Regolamentazione, tema su cui ha lavorato ricoprendo ruoli di crescente responsabilità fino al 2003. Dopo una breve parentesi sul tema dei terminali convergenti fissi e mobili, ha ricoperto il ruolo di responsabile in TILAB del gruppo di Innovazione dei terminali e della Home Network. Dal 2008 è responsabile del settore che si occupa dell'innovazione degli apparati e delle infrastrutture della rete di accesso fissa in rame e fibra.

Francesco Montalti
Fisico, dopo alcuni anni ai Laboratori Centrale della Face Standard di Pomezia, nel 1985 entra in Azienda, dove si è occupato della standardizzazione dei portanti fisici ottici e in rame e dei prodotti di rete a loro associati. Attualmente è Responsabile dell'Ingegneria di Rete nella Divisione Open Access di Telecom Italia. Dal 2001 al 2008 ha ricoperto la carica di Chairman dello Study Group 6 (Outside Plant and related indoor installation) dell'ITU-T. Da Ottobre 2008 è stato nominato Vice Chairmain dello Study Group 15 dell'ITU-T (Optical transport networks and access network infrastructures), con la responsabilità del Working Party 2 (Optical access/transport network technologies and physical infrastructures) .
Dal 1996 è Presidente del Sottocomitato SC 86B del CEI e partecipa alle attività di standardizzazione dell'IEC TC 86B.

Paolo Pellegrino
Fisico con Master in Telecomunicazioni, è dal 1994 in Azienda dapprima come ricercatore nel campo delle comunicazioni ottiche e della microelettronica e poi nel campo delle soluzioni di rete per servizi dati su rete mobile e per la migrazione della telefonia su IP. Dal 2001 ha lavorato come system integrator al disegno e allo sviluppo di prototipi e dispositivi per il supporto di servizi innovativi di Telecom Italia.
Nel 2005 ha cominciato ad occuparsi di innovazione della rete di accesso, seguendo la realizzazione di field trials su infrastrutture e dispositivi per la Next Generation Access Network (NGAN). Dal 2008 coordina come project manager le attività dell'area Wired Access Innovation per quanto concerne l'innovazione delle infrastrutture e delle soluzioni ottiche passive per lo sviluppo della NGAN.

Maurizio Valvo
Ingegnere elettronico è in Azienda dal 1991, dove si è occupato di sistemi Passive Optical Network (PON) in tecnologia ATM, partecipando a progetti di ricerca e sviluppo europei. Ha proseguito la sua attività nell'ambito della ricerca sui sistemi di accesso innovativi (PON, xDSL, GbE), occupandosi dell'integrazione delle reti di accesso broadband in architetture di rete triple-play, contribuendo attivamente alla definizione delle specifiche IPTV nell'ambito del gruppo Full Service Access Network (FSAN) e coordinando le sperimentazioni in campo di sistemi PON, Free Space Optics, Fixed Wireless Access e di architetture Fibre To The Cabinet.
Nella struttura Wireline Access Infrastructure Innovation, coordina nel ruolo di Project Manager le attività di scouting, specifica e testing degli apparati innovativi per la realizzazione della Next Generation Access Network ed è responsabile del laboratorio "Sistemi per reti di accesso a larga banda" e della sezione Rete dell'"INnovation LAB".

VERSO LE RETI 0-TOUCH

Antonio Manzalini, Roberto Minerva, Corrado Moiso

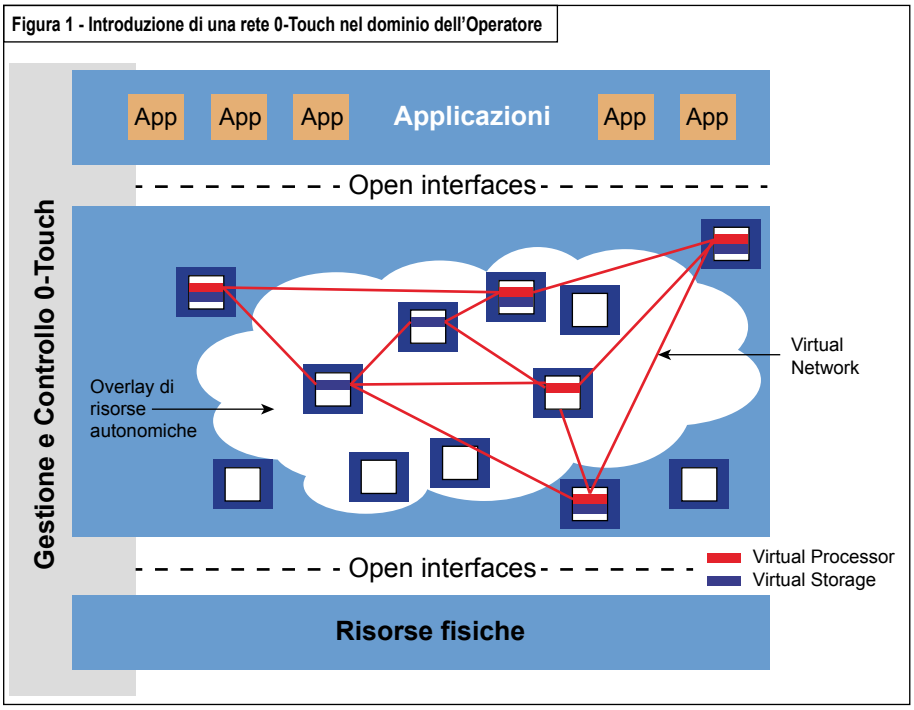
La penetrazione della banda larga e l'aumento delle capacità di calcolo e di memoria dei terminali stanno creando le condizioni per lo sviluppo di reti di crescente complessità e di soluzioni decentralizzate per l'offerta di contenuti e servizi. Quest'evoluzione richiede lo sviluppo di tecnologie e soluzioni che permettano alle reti future di auto-gestirsi e di auto-adattarsi alla forte dinamicità del contesto, continuando a garantire i livelli di qualità del servizio. La necessità per gli Operatori di dotarsi di soluzioni di auto-gestione si acuirà sempre più nel futuro e ben presto questi dovranno cimentarsi con una rete "0-Touch", ovvero dotata di un insieme di funzionalità intelligenti, parzialmente distribuite, che semplificano, per l'utente finale e per l'Operatore stesso, la gestibilità globale dell'ambiente dei suoi sistemi [1, 2].
In questo articolo si chiarisce come caratteristica l'approccio 0-Touch, grazie alla sua alta flessibilità, possa abilitare opportunità di sviluppo di nuovi modelli di business, in linea con i paradigmi degli ecosistemi aperti.

1 Dalle reti auto-organizzanti alle reti 0-Touch

La rapida diffusione di dispositivi dotati di crescente capacità di elaborazione e memorizzazione stanno già rendendo possibile la diffusione di paradigmi di comunicazioni, altamente pervasivi, che si estendono alle interazioni user-to-machine e machine-to-machine (ad esempio, lo sviluppo dell'Internet delle Cose). Questo scenario ha stimolato la ricerca e sviluppo di architetture, algoritmi e protocolli capaci di rendere le reti sempre più capaci di garantire agli utenti l'accesso a servizi di comunicazione e al mondo delle informazioni sempre, dovunque e da qualunque dispositivo.
L'evoluzione della tecnologia verso le reti 0-Touch può essere vista come un percorso che parte da reti che offrono funzionalità di base (ottimizzando l'intervento umano) e approda a reti "auto-gestite" che permettono di implementare funzionalità (ad es. di tipo OA&M e FCAPS) mediante strumenti e funzionalità software. I passi successivi potrebbero riguardare lo sviluppo di reti che offrono un comportamento predittivo, ossia reti che informano gli Operatori quando un certo tipo di eventi ha raggiunto una soglia critica dando così la possibilità di intervenire (ad es. prevenendo situazioni di emergenza); tali reti potrebbero addirittura assumere comportamenti adattativi in grado (a partire dalle informazioni disponibili) di utilizzare e riorganizzare in maniera dinamica le risorse esistenti in modo tale da garantire il servizio anche in caso di malfunzionamenti di apparati o di intere parti di reti.
Sebbene le reti 0-Touch siano attualmente oggetto di ricerca e sviluppo, ci sono già alcuni esempi di reti auto-organizzanti ampiamente diffuse o addirittura commercialmente disponibili: le reti peer-to-peer in generale, le reti ad-hoc, e le BOTNET.
Le reti peer-to-peer sono un esempio di reti adattative, le quali permettono la condivisione di dati fra nodi che hanno un comportamento molto dinamico e generalmente inaffidabile. Esse capitalizzano il grande numero di nodi che le compongono per dare un servizio continuo nel tempo. Per ottenere questo risultato le reti peer-to-peer utilizzano varie tecniche. Ad esempio le hash table permettono di indirizzare e di identificare in maniera molto dinamica i nodi che possono fornire uno specifico servizio o informazione.
Alcune di queste reti, ad esempio la rete i2p, hanno l'obiettivo di creare delle strutture sicure in grado di permettere lo scambio anonimo di informazioni fra i diversi partecipanti alla rete. È ben noto che la robustezza ed altre proprietà funzionali delle reti peer-to-peer crescono al crescere dei nodi partecipanti.

Le reti ad-hoc, come le reti MANET, reti mesh, reti opportunistiche, e reti wireless di sensori, sono reti wireless dove i dispositivi degli utenti (o i sensori) sono in grado di auto-organizzarsi, grazie ad opportuni protocolli, per costruire una rete di comunicazione anche in assenza di un'infrastruttura rete.
Un altro esempio di estremo interesse di reti auto-organizzanti sono le reti BOTNET, cioè reti i cui obiettivi sono, in una prima fase, di "aggregare" il maggior numero possibile di nodi (una sorta di fase di auto-organizzazione massiccia di rete e configurazione iniziale dei nodi) ed in seguito di usare l'infrastruttura così creata per scopi vari (da attacchi DDOS a truffe varie).
Le reti autonomiche, ancora oggetto di attività di ricerca e sviluppo, possono essere considerate come il passo tecnologico successivo alle reti adattative. Queste reti esprimono anche un certo livello di capacità di auto-gestione che indirizzano principalmente gli aspetti denominati self-CHOP.
L'esempio attuale più vicino agli obiettivi della rete autonomica sono le SON (*Self Organizing Networks*). Esse nascono dall'esigenza di garantire in modo automatico l'efficienza complessiva della rete di accesso radio (ad esempio, sono previste nell'ambito della LTE), per configurare i parametri di algoritmi quali quelli di CRRM (*Common Radio Resource Management*) al variare delle condizioni operative. L'introduzione di queste funzionalità di configurazione automatica potrebbe consentire sia una riduzione dei costi operativi di esercizio, sia un risparmio negli investimenti (a fronte di un'ottimizzazione della rete).
Occorre tuttavia sottolineare come le reti 0-Touch, pur traendo ispirazione dalle reti auto-organizzanti, abbiamo un obiettivo più ambizioso e sfidante: sviluppare un'infrastruttura a basso costo di gestione e mantenimento che comprenda risorse reali e virtuali di comunicazione, di memorizzazione e di elaborazione e loro aggregazioni.
Una delle caratteristiche principali delle reti 0-Touch è, infatti, la capacità di auto-configurazione, volta a minimizzare le operazioni (e quindi i possibili errori) legati all'intervento umano. Alcune statistiche dimostrano, ad esempio, che molti malfunzionamenti di rete sono imputabili ad errori di configurazione, piuttosto che a guasti di apparato o collegamento [3] [4]: in uno scenario evolutivo nel quale la rete diventerà sempre più pervasiva e dinamica, il problema della configurazione di risorse reali e virtuali potrebbe esacerbarsi ulteriormente, portando addirittura al rischio di comportamenti di rete non lineari (tipici dei sistemi complessi). In particolare l'auto-gestione delle risorse reali e virtuali è il principale strumento volto ad ottimizzare il workflow di OA&M, per gli aspetti di Planning (ad es. per l'allocazione dinamica delle risorse), Deployment (ad es. per auto-discovery e auto-provisioning), Maintenance (ad es. per sopravvivenza ai guasti, e/o contro attacchi), Optimization (ad es. per traffic engineering, load balancing).
Occorre osservare tuttavia che l'introduzione di queste capacità di self-* nelle reti 0-Touch richiede un'attenta analisi di come si distribuiscono (sui vari livelli di rete) e si annidano i vari meccanismi automatici di controllo ed attuazione. Il rischio è il verificarsi di comportamenti (locali o globali) non-lineari della rete, con conseguenti improvvisi "cambi di fase" che impattano negativamente le prestazioni.
Analizzando l'adozione di soluzioni 0-Touch nell'infrastruttura di rete dell'operatore, si possono considerare tre livelli logici distinti: livello fisico delle risorse, livello logico costituito da immagini virtualizzate di risorse e dalle loro aggregazioni, strato logico di applicazioni e servizi abilitati dalla piattaforma. Tale ultimo strato potrebbe permettere la creazione di diversi ecosistemi abilitanti diverse classi di servizio.
La Figura 1 illustra la possibile evoluzione della piattaforma di rete dell'Operatore in relazione ai possibili ruoli

Figura 1 - Introduzione di una rete 0-Touch nel dominio dell'Operatore



che l'operatore può esercitare (Bit Carrier, Service Enabler e Service Provider). La piattaforma è logicamente stratificata per permettere l'evoluzione separata di sistemi o livelli diversi. A partire da uno strato di risorse fisiche si individua un primo strato di controllo e gestione di tipo autonomico. Esso deve consentire di ottimizzare ed armonizzare le funzioni di controllo e gestione ed i relativi processi dell'infrastruttura di rete. Tale livello di funzionalità potrebbe permettere di operare in maniera molto efficiente e semplificata il ruolo di Bit Carrier. Ad esempio, le funzioni di "inventory" degli apparati di rete o l'ottimizzazione della connettività rispetto alle risorse virtuali di tipo IT allocate potrebbero appartenere a tale livello, a cui spetta anche il compito di permettere una crescente integrazione nell'infrastruttura di sistemi e risorse anche in domini esterni, come terminali d'utente o sistemi IT nelle enterprise.
Su tale livello insiste un altro strato logico, un "sistema operativo di rete", il cui scopo è quello di fungere da piattaforma abilitante: essa è costituita da "immagini virtualizzate" di risorse fisiche e da meccanismi per aggregarle e rendere disponibili verso i fornitori di servizi. Il coordinamento fra tali oggetti virtualizzati avviene per mezzo di semplici protocolli che consentono di creare delle reti overlay. Questo strato permette alla piattaforma dell'Operatore di creare degli ambienti virtualizzati e autonomici che possono essere utilizzati per creare ambienti di dispiegamento ed esecuzione di servizi caratterizzati da specifici SLA. Tali ambienti permettono, infatti, di isolare a livello di singola overlay i malfunzionamenti e i possibili problemi derivanti da un'errata configurazione o programmazione. Il concetto di overlay consente anche di integrare nella rete risorse e funzioni appartenenti a domini diversi da quelli dell'operatore e consentire, perciò, la fornitura di servizi "oltre" la singola infrastruttura fisica. Tale strato costituisce una piattaforma di programmazione distribuita che permette all'Operatore di esercitare il ruolo di Service Enabler.
Infine su tale piattaforma, sia l'Operatore sia terze parti sono in grado di dispiegare ed offrire un'ampia offerta di servizi che possono cooperare formando un eco-sistema di applicazioni e componenti applicative. Le interfacce di programmazione per il loro sviluppo potranno essere personalizzate al livello di astrazione adatto agli sviluppatori di uno specifico ecosistema. In tal modo si può supportare sia un controllo granulare sulle risorse (virtualizzate) offerte allo specifico ecosistema, sia un controllo minimale ma efficace da fornire a ecosistemi che non hanno bisogno (o non hanno le competenze) per sviluppare applicazioni su sistemi granulari e distribuiti.

2 Tecnologie abilitanti

Dal punto di vista tecnico le reti 0-Touch sono caratterizzate da architetture le cui funzioni utilizzano soluzioni autonomiche e cognitive al fine di introdurre prestazioni di autogestione e di autocontrollo sia all'interno dei singoli elementi di rete e funzionalità sia nell'infrastruttura di rete nel suo complesso.
In questo contesto, i due termini "autonomico" e "cognitivo" assumono un ruolo sinergico. In particolare il termine autonomico, che trae la metafora dal sistema nervoso autonomico, si riferisce (nella sua più semplice accezione) all'adozione di control-loop che automatizzano l'espletamento di determinate funzioni di controllo e gestione, configurabili tramite policy, riducendo quindi la necessità di un intervento umano [5]. Un esempio di control-loop è quello organizzato secondo il modello MAPE-K (*Monitor, Analyze, Plan, Execute-Knowledge*) descritto in seguito.
Il termine "cognitivo" estende il concetto di control-loop autonomico con l'introduzione di prestazioni (all'interno delle singole risorse e/o in un piano aggiuntivo a quelli di controllo e gestione) di creare, aggiornare ed utilizzare una conoscenza dinamica ed articolata (basata sull'elaborazione di dati semantici e numerici grazie ad algoritmi, tecniche di reasoning e learning) del comportamento dei singoli elementi di rete, dei sistemi interconnessi e della rete nel suo complesso. Tale conoscenza può essere utilizzata dai control-loop autonomici, al fine di analizzare gli eventi ed elaborare gli eventuali piani di intervento. La prima definizione di rete cognitiva si deve probabilmente a D. Clark [6] "a network that can assemble itself given high level instructions, reassemble itself as requirements change, automatically discover when something goes wrong, and automatically fix a detected problem or explain why it cannot do so". Più recentemente, in [7] è stata data la seguente definizione "a cognitive network is a network with a cognitive process that can perceive current network conditions, and then plan, decide and act on those conditions. The network can learn from these adaptations and use them to make future decisions, all while taking into account end-to-end goals."
L'adozione di queste tecnologie permette di realizzare sistemi ed infrastrutture di rete, dotati di funzioni di auto-gestione ed auto-controllo, caratterizzati da [8]:

- ***Autonomia***: le funzioni operano senza il diretto intervento di attori umani, ed hanno la capacità di elaborare piani di intervento, in conformità a policy di alto livello ed alle informazioni di contesto/cognitive,

per risolvere situazioni critiche o per garantire il mantenimento di adeguati livelli di servizio;
- ***Abilità sociale***: le funzioni devono essere in grado di cooperare tra di loro, al fine di realizzare un comportamento coordinato per ottenere un obiettivo comune (es. di ottimizzazione), anche in assenza di un controllo centralizzato;
- ***Reattività***: le funzioni devono essere in grado di percepire le variazioni all'interno del sistema controllato e del suo ambiente, riconoscendo le situazioni critiche (ad esempio, dall'elaborazione di eventi e dall'analisi di informazioni cognitive), e rispondere prontamente ai cambiamenti, sia con azioni locali, sia interagendo con gli altri sistemi;
- ***Pro-attività***: in aggiunta alla reattività, le funzioni devono essere in grado di esibire un comportamento "goal-oriented", prendendo attivando gli opportuni piani di intervento, al fine del suo raggiungimento.

Tali prestazioni permettono di realizzare funzioni di auto-gestione, quali la configurazione di apparati adattandole dinamicamente alle variazioni del contesto/rete in cui sono inseriti, di riconoscimento e di trattamento delle situazioni di errore, o di rischio per la sicurezza, di elaborazione di strategie di ottimizzazione nell'uso delle risorse (dalla maggiore efficienza nell'uso delle risorse, al risparmio energetico) o di rispetto di parametri prestazionali. Inoltre, possono essere utilizzate per funzioni di provisioning e configurazione d'utente e dei servizi sottoscritti, ad esempio, permettendo un'allocazione (e ri-allocazione dinamica) delle risorse secondo criteri di ottimizzazione e/o di rispetto degli SLA. Tramite queste, inoltre, è possibile gestire in maniera ottimizzata e dinamica l'allocazione ad un sottoscrittore (aziende, singoli individui o gruppi di individui) delle risorse virtualizzate necessarie per realizzare un'infrastruttura virtuale (composta non solo di risorse di comunicazione, ma anche di prestazioni di processing e storage, estendendo ed integrando così il concetto di VPN dati verso le soluzioni di cloud) che soddisfi in maniera dinamica le condizioni sottoscritte di scalabilità, disponibilità, ecc.

Le caratteristiche di reattività, proattività ed autonomia delle soluzioni autonomiche/cognitive permettono di spostare sempre più verso il run-time funzioni in genere eseguite off-line, rendendo sempre più sottile il confine tra gestione e controllo. In questo modo, soluzioni autonomiche/cognitive possono essere vantaggiosamente applicate nelle fasi di erogazione ed espletamento dei servizi e delle applicazioni. È possibile eseguire operazioni di adattamento delle configurazioni dei sistemi in fase di esecuzione, ad esempio per soddisfare parametri di servizio o per applicare policy di ottimizzazione, oppure per adattare le allocazioni delle risorse (virtuali) assegnate ad un particolare utente/applicazione, per rispettare SLA oppure per soddisfare a nuove esigenze di utilizzo (es. aumento del carico di lavoro/traffico).

Le funzioni autonomiche/cognitive possono essere introdotte a diversi livelli dell'architettura in Figura 1, ad esempio:
- a livello di singolo apparato di rete e sistema IT: funzioni autonomiche/cognitive possono essere introdotte tramite un arricchimento delle funzioni di Sistema Operativo e degli applicativi o funzionalità di base (es. applicazioni di security, routing,...); altre prestazioni possono essere adottate per gestire la virtualizzazione degli apparati stessi (es. introduzione di hypervisor autonomici), realizzando dinamicamente l'allocazione delle risorse degli apparati alle "slice" di virtualizzazione, nel rispetto dei parametri prestazionali e tenendo conto di policy di ottimizzazione nell'uso delle risorse;
- a livello di "sistema operativo di rete": tale sistema deve essere inteso come un'evoluzione, nell'ottica autonomica/cognitiva, del sistema di gestione e dei piani di controllo della rete, in grado di controllare in maniera integrata anche le risorse di tipo IT (es. elaborazione, memorizzazione) proprie di un cloud computazionale; ha il compito di realizzare, tramite l'aggregazione di singole risorse virtuali, ambienti di comunicazione ed elaborazione distribuita, dotati di funzioni di self-provisioning delle richieste, di self-optimization dell'utilizzo delle risorse, e di enforcement e monitoring degli SLA;
- a livello applicativo: tali funzioni devono realizzare la gestione/monitoring di architetture distribuite di tipo "service-oriented" e delle singole applicazioni e componenti dispiegate ed eseguite su di esse; inoltre, potrebbero essere adottate anche per realizzare un adattamento dinamico a tempo di esecuzione delle applicazioni (basate sulla orchestrazione/coordinamento di componenti applicative, su applicazioni p2p con logiche cooperative ed auto-organizzazione, ecc.) in base allo specifico contesto di esecuzione, come risorse disponibili, esigenze/preferenze degli utenti, apparati disponibili, e delle sue evoluzioni [8].

Al momento non esiste nessuna soluzione che copra in maniera "olistica" tutti questi aspetti.

3 Self-Supervision: centralizzata e distribuita

L'estensione di un'infrastruttura di rete e di servizio di tipo 0-Touch richiede l'introduzione di prestazioni e sistemi che realizzano funzioni di tipo "self-supervision" o "self-management".

Queste funzioni hanno il compito di prendere decisioni in modo autonomico, controllando costantemente lo

stato dei sistemi sotto controllo e richiedendo di adattare il loro comportamento al variare delle condizioni interne ed esterne di esecuzione, al fine di realizzare le prestazioni di auto-gestione ed auto-controllo (ad esempio per migliorare le prestazioni, oppure per recuperare situazioni critiche o di errore). Due approcci, complementari, possono essere adottati.

Nel primo approccio, inizialmente elaborato da IBM per i sistemi informativi [10], le funzioni di self-supervision sono realizzate in sistemi di gestione che sono (funzionalmente) separati dai sistemi gestiti. In generale, questi sistemi sono strutturati secondo il modello MAPE-K (Figura 2): il sistema sotto supervisione invia eventi che sono ricevuti, filtrati, correlati dal sistema di gestione; tale sistema elabora, considerando dati sullo stato dei sistemi (es. raccolti in un piano cognitivo) e regole/politiche di gestione, azioni correttive che devono essere eseguite dai sistemi sotto supervisione.

Secondo questo modello il sistema gestito non ha un comportamento autonomico, in quanto tutta l'"intelligenza" autonomica risiede nel sistema di gestione. Questo modello può essere applicato ricorsivamente, così da creare una gerarchia di sistemi supervisori/sistemi sotto supervisione, in maniera simile all'organizzazione dei sistemi di gestione secondo il modello TMN.

Al fine di gestire in maniera più efficiente, scalabile e robusta sistemi strutturati come insiemi pervasivi di risorse ed elementi di servizio, è opportuno incorporare nei singoli elementi funzioni autonomiche, cooperanti secondo un modello paritetico (cioè peer-to-peer) senza gerarchie di elementi supervisori/supervisti. In tal modo, un sistema distribuito pervasivo può realizzare prestazioni di auto-gestione grazie al coordinamento dei comportamenti delle funzioni autonomiche introdotte nei suoi elementi, le quali adattando il loro comportamento in base al loro stato, a regole/politiche codificate al loro interno, ed alle informazioni scambiate tra di loro.

Il comportamento autonomico dei singoli elementi può schematizzato secondo due cicli di controllo: uno interno ed uno esterno. Il primo ha la funzione di garantire la gestione interna dell'elemento, realizzando prestazioni di tipo auto-gestione (come la riconfigurazione in caso di guasto, l'ottimizzazione dei parametri di configurazione, ecc); il secondo abilita l'interazione con l'ambiente esterno garantendo il coordinamento con il comportamento degli elementi vicini, ad esempio mediante protocolli bio-ispirati. Tale modello di auto-gestione decentralizzata è realizzato dai framework di componenti autonomiche, come, ad esempio, [11].

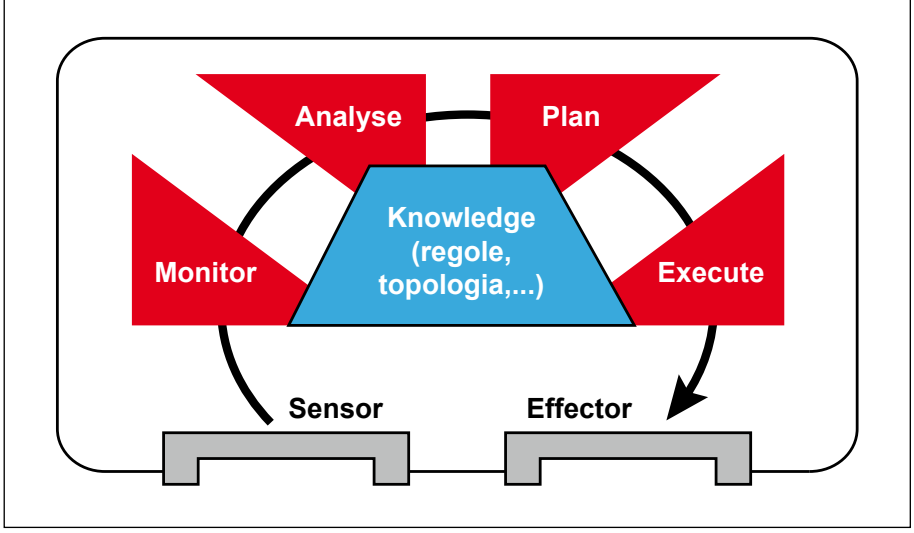
I due modelli possono coesistere e cooperare (Figura 3), come descritto ad esempio in [12] ed adottato nel modello di gestione autonomica della rete in via di elaborazioni all'interno del gruppo ETSI AFI-ISG [13].

Pertanto il progetto di un sistema 0-Touch può richiedere sia l'introduzione di sistemi di gestione esterni organizzati internamente secondo il modello MAPE-K con il compito di fornire un controllo a livello globale del sistema, sia l'arricchimento dei singoli elementi con "control-loop" autonomici, al fine di decentralizzare specifiche aree di supervisione.

Un aspetto importante da considerare è il fatto che tutte le funzioni di una rete 0-Touch devono cooperare tra di loro, al fine di evitare situazioni di instabilità. Queste possono essere dovute al fatto che funzioni differenti operano in maniera indipendente e non coordinata sulle stesse tipologie di entità o addirittura sulle stesse risorse. Questo coordinamento può essere ad esempio ottenuto realizzando uno spazio "cognitivo" cross-layer, in grado di raccogliere informazioni sullo stato e sull'utilizzo delle risorse a tutti i livelli – dagli apparati di rete alle applicazioni, e di organizzarli in maniera tale che possano fornire la conoscenza necessaria affinché le diverse funzioni di auto–gestione/controllo della rete 0-Touch possano operare in maniera coerente.

Si ribadiscono infine i requisiti essenziali di apertura e interoperabilità delle funzionalità delle reti 0-Touch: l'apertura deve lasciare, ad esempio, all'Operatore la possibilità di controllare i

Figura 2 - Control-loop autonomico secondo il modello MAPE-K (*Monitor, Analyze, Plan, Execute - Knowledge*)



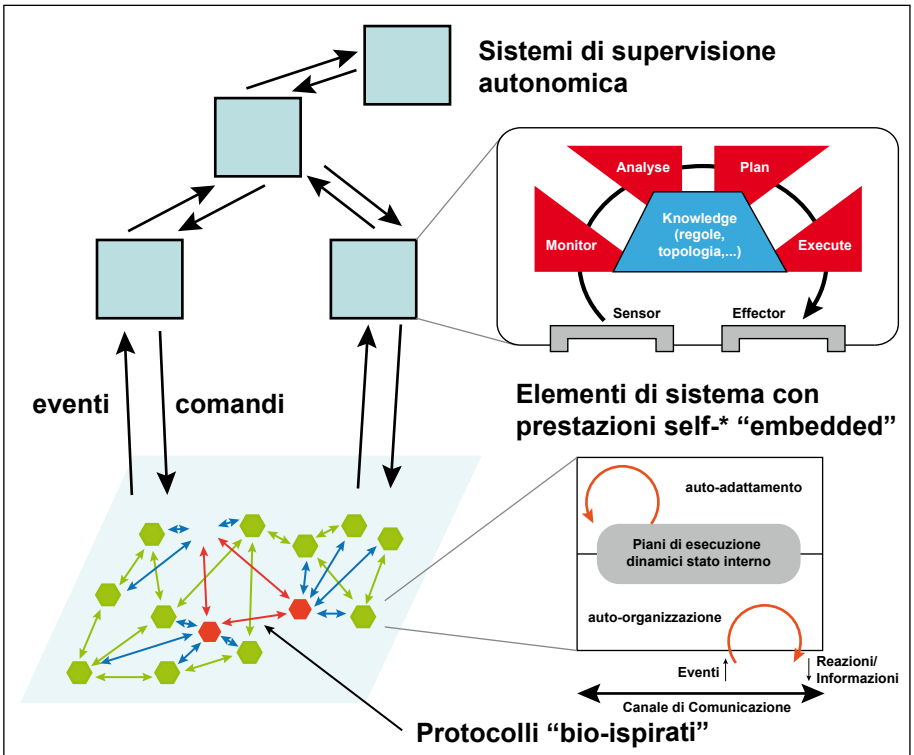


Figura 3 - Un Modello di Supervisione Autonomica

parametri configurazione (ad es. meccanismi, algoritmi, controllo apparati, ecc.); l'interoperabilità deve garantire soluzioni di auto–gestione multi – fornitore e multi – dominio.

4 Impatto delle soluzioni 0-Touch sui Processi

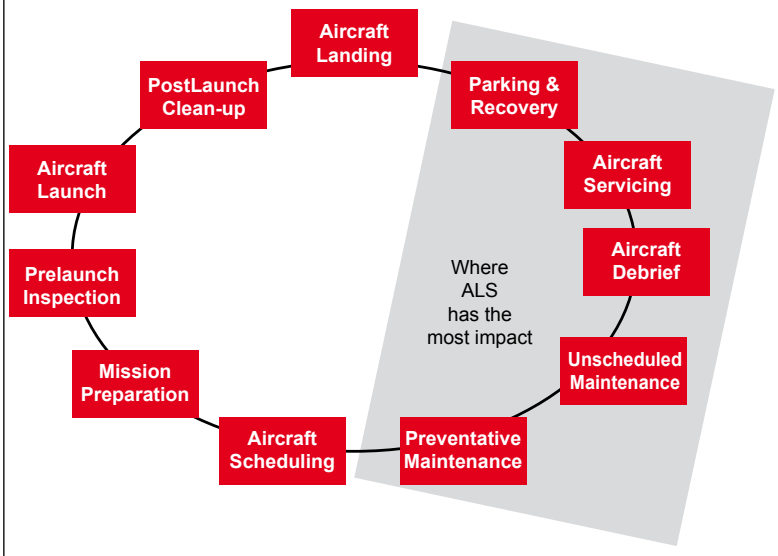
L'introduzione di funzionalità 0-Touch in rete ha l'obiettivo di migliorare la gestione ed i relativi processi. Se le tecniche e le architetture di riferimento sono ancora in fase di consolidamento, gli impatti sui processi e le semplificazioni sono ancora da identificare e definire [14]. A livello logico, la rete 0-Touch può avere due tipi di impatti:

- quali sono i nuovi processi che permettono il pieno sfruttamento di soluzioni autonomiche?
- quali processi aziendali già in atto devono essere rivisti e semplificati? E come?

Fra i pochi esempi si possono considerare quelli definiti in ambito militare. In questo ambito, i processi fanno riferimento alla possibile ottimizzazione delle fasi del processo Sortie [15], relativo all'operatività di velivoli da combattimento (Figura 4).

In questo caso i processi supportati da sistemi autonomici (processi autonomici) hanno l'impatto più immediato sulle operazioni a terra relative alla revisione del veicolo. I vantaggi introdotti da processi autonomici (si veda tabella in Figura 4) sono relativi sia in termini di minor numero di attività da eseguire sia in termini di "allungamento" della vita degli apparati. Ovvia-

Figura 4 - Impatti dell'introduzione di soluzioni autonomiche sul processo Sortie [15]



Reduce maintenance induced fallures	50%
Reduce maintenance actions	35%
Increase Availability	20%
Reduce inspection and repair hours	20%
Reduce spare parts provisioning	20%
Reduce good parts removal	10%
Ectend equipment life/ overhaul cycle	10%

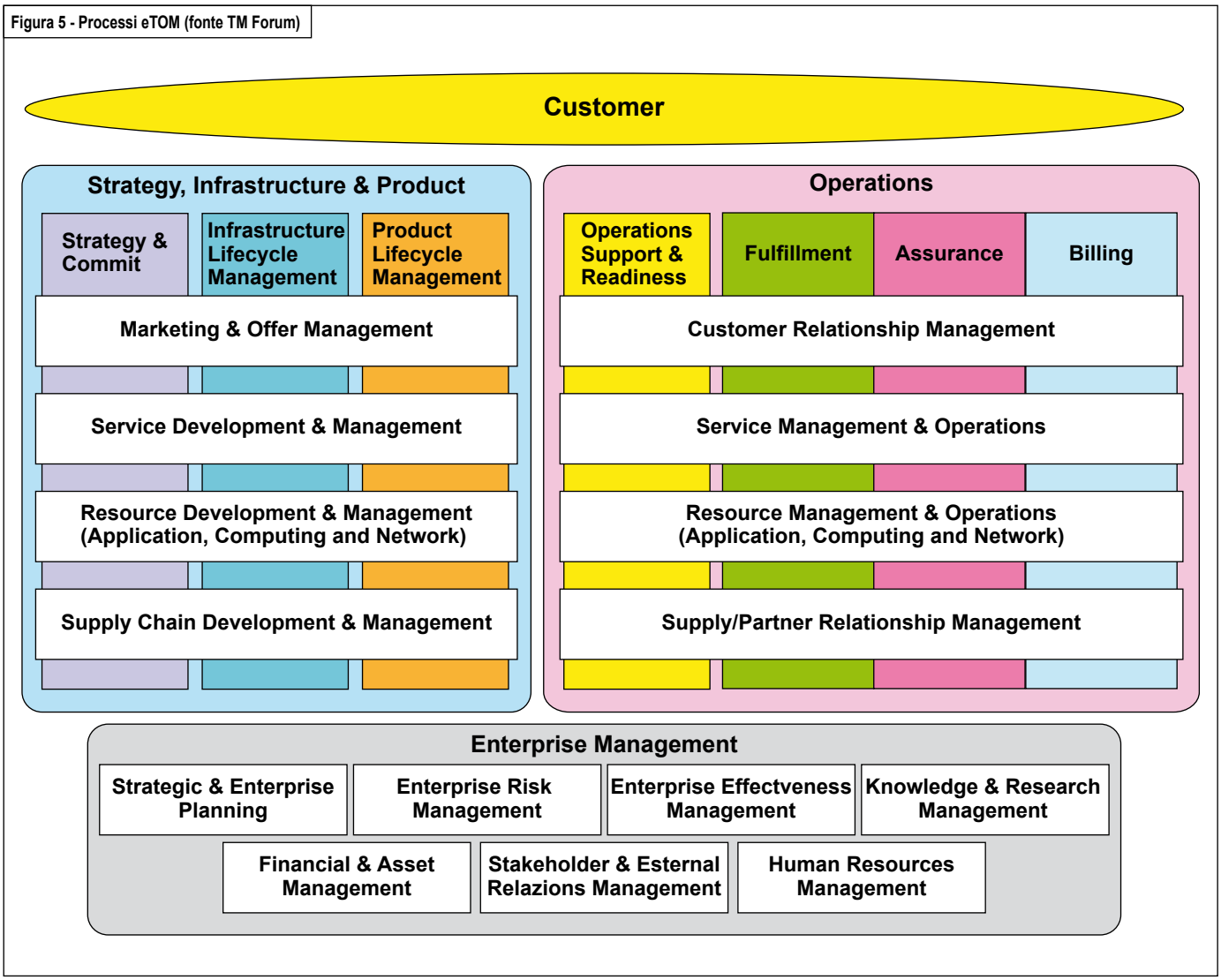
mente non è possibile traslare questi risultati direttamente dall'applicazione militare su attività di gestione e manutenzione della rete (specialmente alla luce dei requisiti di apertura e interoperabilità essenziali per l'Operatore). Ad ogni modo essi possono fornire degli spunti sui possibili obiettivi da raggiungere in una prima fase di introduzione di una rete 0-Touch. Ad esempio, sarebbe interessante valutare gli impatti di tali processi dal punto di vista del provisioning e del raffinamento delle prestazioni dei sistemi.

Se la valutazione degli impatti dei processi che si auto-adattano secondo principi autonomici è in uno stato primordiale, ancora più problematica (e per molti versi prematura) è l'analisi dell'impatto di una rete 0-Touch sugli attuali processi in atto presso lo specifico Operatore. Un'attività di valore potrebbe essere quella di partire dall'insieme di prestazioni autonomiche offerte da una rete 0-Touch ed identificare gli impatti che esse potrebbero avere sugli attuali processi standardizzati, ad esempio, secondo il modello eTOM (Enhanced Telecom Operations Map) definito dal TM Forum. Tale modello è adottato come riferimento internazionale, anche negli enti di standardizzazione (ad es. ITU), per descrivere i processi fondamentali di un fornitore di servizi di Telecomunicazioni, secondo una struttura gerarchica rappresentata in Figura 5.

Tale organizzazione ed in particolare i processi relativi alla fase Operations (in Figura 6) potrebbero essere oggetto di analisi per valutare i benefici e le semplificazioni possibili. Tale iniziativa dovrebbe essere condivisa fra più operatori e possibilmente essere portata a compimento in maniera standardizzata.

A titolo di esempio, l'introduzione nei nodi di rete di meccanismi di auto-monitoring, auto-diagnosi e auto-configurazione potrebbe impattare i processi Service e Resource Management

Figura 5 - Processi eTOM (fonte TM Forum)



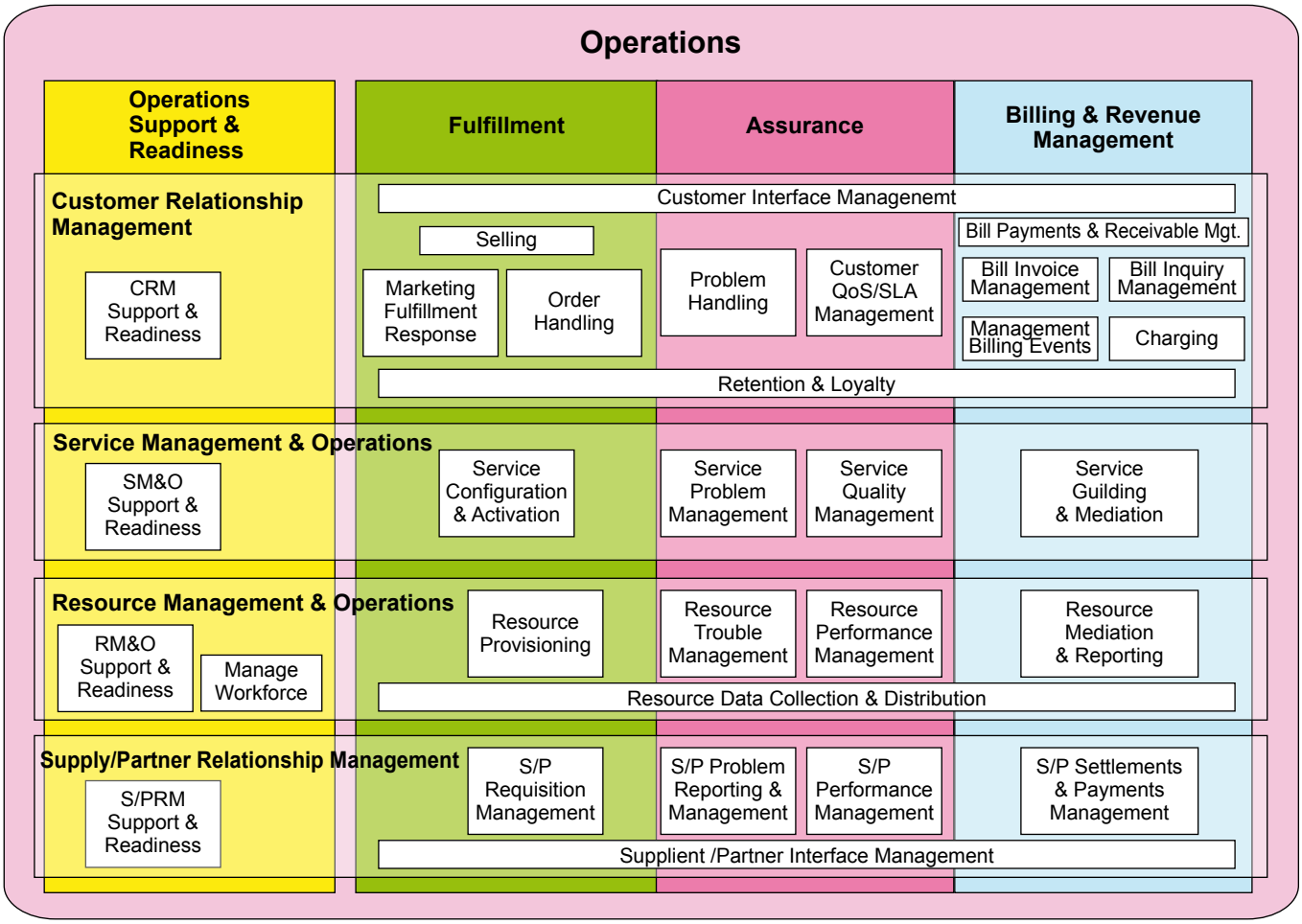


Figura 6 - Processi Operations in eTOM (fonte TM Forum)

& Operations riducendo l'intervento umano e i relativi possibili errori. Un ulteriore passo necessario per abilitare e valutare i benefici di soluzione 0-Touch è quello di sviluppare dei modelli di processo che permettano di effettuare delle stime quantitative, ad esempio, in termini di riduzione Opex, di tali impatti.

5 Esempi di scenari applicativi

Questa sezione fornisce alcuni esempi di studio e simulazione di funzioni e i comportamenti delle reti 0-Touch nell'ambito di due semplici scenari applicativi. Il primo presenta uno scenario di auto-discovery e auto-configurazione degli elementi di un'infrastruttura 0-Touch; il secondo descrive come prestazioni 0-Touch possono essere adottate anche per migliorare l'allocazione e la gestione delle risorse virtuali di tipo IT. Inoltre, il riquadro esemplifica l'approccio distribuito alla supervisione introducendo un algoritmo di bilanciamento del carico e risparmio energetico completamente decentralizzato.

5.1 Auto-discovery e auto-configurazione in una rete 0-Touch

Il progresso delle tecnologie di virtualizzazione ed orchestrazione delle risorse di rete sembrano rendere possibile oggi soluzioni di rete virtuali ben più evolute e dinamiche delle classiche VPLS (Virtual Private LAN Service), VPN (*Virtual Private Network*), (G)MPLS tunneling. Ad esempio, in ambito GENI [16] sono state sviluppate delle soluzioni prototipali che combinano dinamicamente circuiti virtuali e risorse di processamento e memorizzazione distribuite in diversi siti e domini di rete. In questo senso, ORCA (*Open Resource Control Architecture*) può essere considerato come un interessante esempio di sistema operativo di rete per l'allocazione di risorse a partire da un insieme fornite da diversi Provider [17] [18].
Grazie alla virtualizzazione, sulla stessa infrastruttura fisica di rete possono

coesistere diverse reti di risorse virtuali con diversi obiettivi ad esempio di prestazioni, affidabilità e sicurezza. Ad esempio un servizio VoIP potrebbe utilizzare una rete virtuale con determinate prestazioni di qualità (allocando ad esempio adeguate risorse e utilizzando metriche di routing che assicurano rapide riconfigurazioni di rete in caso di guasto) mentre un servizio di on-line banking richiede una rete virtuale con determinate caratteristiche di sicurezza (anche a livello di routing). Questa assegnazione dinamica delle risorse virtuali di rete ed elaborazione distribuita è un problema NP-hard; la maggior parte delle soluzioni in letteratura puntano allo sviluppo di euristiche basate su una netta separazione delle fasi di assegnazione. Il problema è diventa sempre più complesso al crescere della pervasività e della dinamicità della rete.

Nelle attuali reti, questi obiettivi di prestazioni e affidabilità (matrici di raggiungibilità, bilanciamento del carico, ingegneria del traffico, sopravvivenza ai guasti,...) delle sotto-reti virtuali sono tradotti in comandi di configurazione a basso livello, effettuati per lo più manualmente sui singoli elementi di rete; questo non solo comporta un notevole impegno umano ma aumenta la probabilità che vengano effettuati degli errori nel tradurre i suddetti obiettivi nelle configurazioni di basso livello (e.g., tabelle di forwarding, racket filtering, pesi link-scheduling, e vari parametri per code, tunnel e NAT mapping).

Ci sono delle statistiche che dimostrano che la maggior parte dei malfunzionamenti di rete è imputabile ad errori di configurazione, piuttosto che a guasti di apparato o collegamento [3] [4]. È stato inoltre stimato che gli errori di configurazione aprono la porta al 65% degli attacchi informatici alla rete e causano oltre il 60% del malfunzionamento di rete. In uno scenario evolutivo nel quale la rete diventerà sempre più pervasiva e dinamica, il problema della configurazione di risorse reali e virtuali potrebbe esacerbarsi ulteriormente, portando addirittura al rischio di comportamenti di rete non lineari (tipici dei sistemi complessi).

Occorrere, inoltre, sviluppare quei meccanismi automatici che rendono tali configurazioni di basso livello il più possibile automatiche. Per ottenere questo scopo occorre infine disporre anche di una conoscenza, acquisita in modo automatico e dinamico, dello stato della rete, dei nodi, delle interfacce e delle connessioni.

L'auto-discovery automatico dovrebbe agire a livello di nodo (identificazione interfacce, FIB, ecc.), capire come i nodi sono interconnessi tra di loro, attraverso quali interfacce, comprese le relative caratteristiche (ad es. capacità). Tutte queste informazioni, che i nodi dovrebbero essere in grado di fornire automaticamente, (con limitato intervento umano) dovrebbero contribuire alla definizione della conoscenza di rete.

Nel seguente esempio di use-case si dimostra come l'utilizzo di primitive e protocolli di disseminazione epidemica di informazioni tra i nodi di rete possano contribuire a determinare l'auto-discovery degli elementi fisici, contribuendo a costruire quella conoscenza che è essenziale per l'auto-configurazione dei nodi di rete e l'assegnazione dinamica delle risorse.

Nelle attuali reti, l'introduzione (o la rimozione, aggiornamento) di un nodo richiede delle operazioni di discovery che sono effettuate solo in parte in modo automatico. Queste procedure richiedono tempo e possono essere soggette ad errori umani.

In una rete 0-Touch, quando si introduce, ad esempio un nuovo nodo, questo inizia ad auto-identificarsi facendo una lista di tutti i sotto-sistemi e sistemi fisici che lo contraddistinguono con i relativi attributi (ad es. numero di interfacce, loro capacità, ecc.). Il passo successivo è quello di scambiare queste informazioni con i propri nodi vicini, operazione che può essere fatta già con gli attuali protocolli di discovery, o con nuovi protocolli simili che ad esempio prevedano di selezionare opportunamente le informazioni scambiate in base all'identità dei nodi (questa variante appare essere particolarmente utile in reti de-perimetrizzate o simbiotiche, dove ci sono domini appartenenti a diversi Operatori).

Effettuate queste due prime operazioni, i nodi di una rete 0-Touch iniziano ad inviare le informazioni di auto-discovery (ad es. interfacce, caratteristiche e soprattutto inter-relazioni con altri nodi) ad un piano (che in letteratura viene spesso chiamato Knowledge Plane o Cognitive Plane) [19] che così va costruendo (dinamicamente) la topologia fisica, le configurazioni della rete e le relative informazioni caratteristiche (attualmente queste operazioni sono per lo più fatte manualmente e sono spesso soggette ad errori, quali open-loop configuration).

Un ulteriore elemento di novità è che questo piano mantiene una conoscenza della rete aggiornata dinamicamente grazie a dei meccanismi di auto-monitoring nei nodi (che raccolgono dati su dei parametri caratteristici di prestazioni e li inviano al piano). Il Knowledge Plane è anche in grado di elaborare queste informazioni sullo stato della rete (con tecniche di data mining e knowledge extraction) per estrarre una conoscenza mirata alla gestione e al controllo della rete (Figura 7).

Ci sono almeno tre diverse classi di distribuzione delle informazioni dei nodi di rete al fine dell'auto-discovery e auto-configurazione: flooding, spanning-tree e source routing. In questo articolo, a titolo di esempio, ci soffermiamo sulla prima classe, in particolare simulando l'adozione di protocolli di disseminazione epidemica delle informazioni.

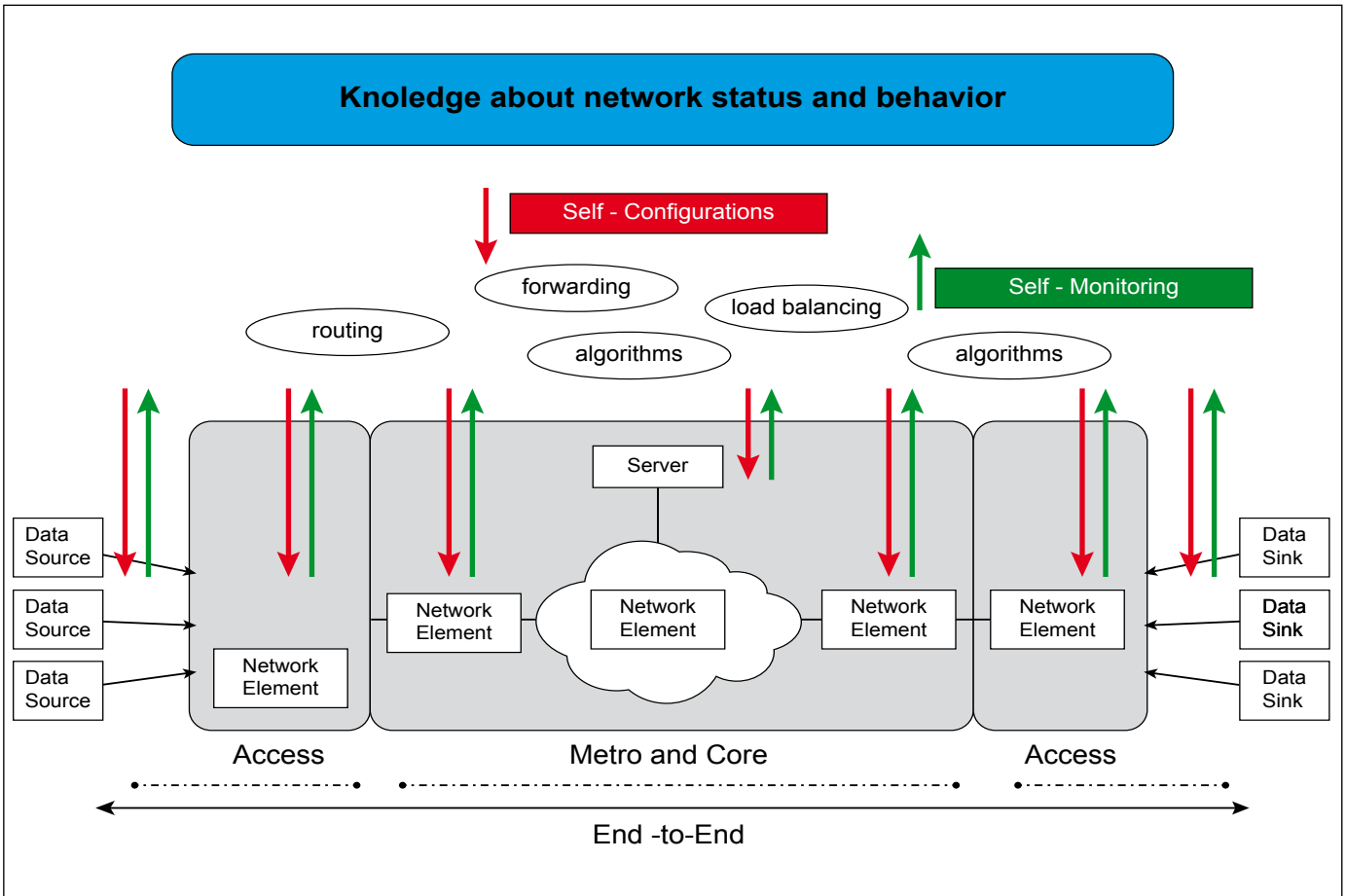


Figura 7 - Come auto-discovery e auto-monitoring contribuiscono a creare una conoscenza di rete che viene quindi utilizzata per implementare auto-configurazioni dei nodi

Queste soluzioni adottano un approccio volto a disseminare le informazioni nella rete "infettando" il più alto numero possibile di nodi attraverso meccanismi di diffusione aleatoria. Questo approccio ha riscosso un certo successo nella comunità scientifica per la sua scalabilità e la sua semplicità implementativa anche in contesti altamente dinamici.

La simulazione (sviluppata utilizzando l'ambiente NetLogo, con scopo puramente dimostrativo, Figura 8 e Figura 9) consiste nell'osservare la rapidità di convergenza della disseminazione delle informazioni di auto-discovery e di auto-monitoring dei nodi di rete verso i nodi del Knowledge Plane. Il processo varia dinamicamente anche in base all'assegnazione dei nodi di rete a diversi domini applicativi (nodi rossi e verdi); in giallo i nodi del Knowledge Plane che sono in via di aggiornamento.

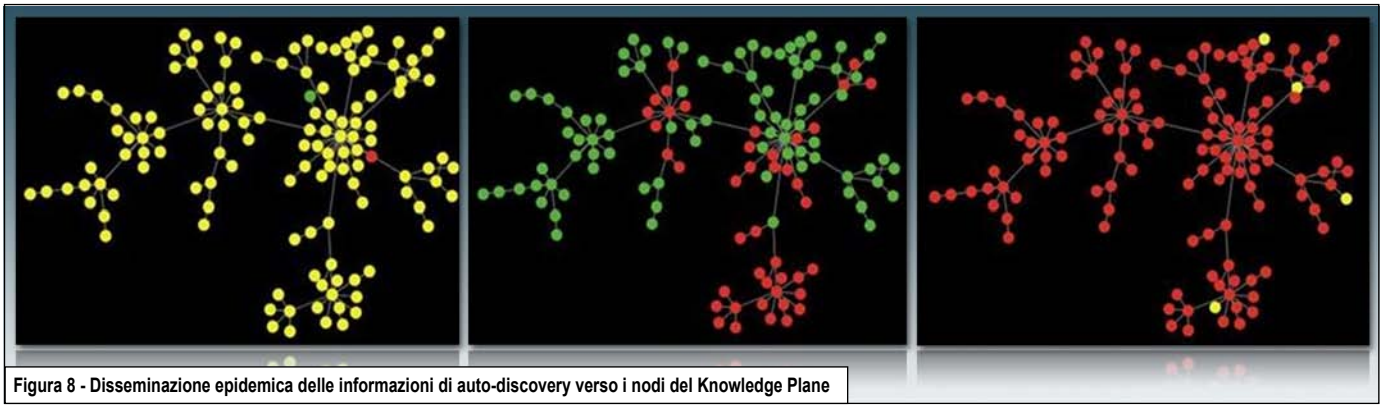


Figura 8 - Disseminazione epidemica delle informazioni di auto-discovery verso i nodi del Knowledge Plane

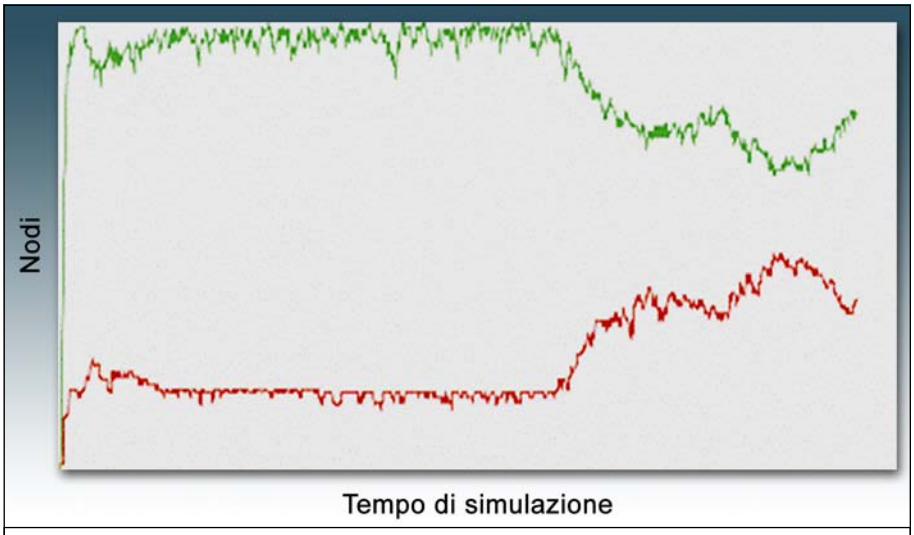


Figura 9 - Convergenza dinamica della disseminazione dell'informazione dei nodi (snapshot della situazione centrale in Figura 8)

In linea di principio, la scarsa predicibilità dei tempi di convergenza dell'approccio epidemico potrebbe costituire uno svantaggio: si tratta, infatti, per definizione di un meccanismo aleatorio, che non ci permette di stimare in maniera precisa i tempi di rilevamento e di aggiornamento delle informazioni. Tuttavia, i tempi di convergenza sembra del tutto compatibili con le costanti di tempo delle dinamiche di rete. Questo tipo di analisi sta continuando con l'obiettivo di confrontare l'approccio epidemico con quelli spanning-tree e source routing.

5.2 Prestazioni di tipo 0-Touch per risorse virtuali IT

Prestazioni di tipo 0-Touch possono essere adottate anche per migliorare l'allocazione e la gestione delle risorse virtuali, ad esempio nel contesto di un'infrastruttura di Cloud Computing, sia per ottimizzarne l'utilizzo sia per modificare dinamicamente la loro allocazione alle applicazioni in base a condizioni di Qualità di Servizio.
Tramite tali soluzioni è possibile, ad esempio, definire delle regole di scalabilità, applicabili in maniera automatica. Tali regole introducono la possibilità di allocare e de allocare dinamicamente risorse virtuali alle applicazioni di un cliente dell'infrastruttura di cloud computing in base ai valori di indicatori di prestazioni KPI (*Key Performance Indicator*). Funzioni di gestione a livello di applicazioni verificano periodicamente i valori dei KPI concordati con i clienti. Non appena riscontrano che la condizione di una regola è verificata, allora applicano l'azione associata, la quale può richiedere, ad esempio, l'allocazione di nuove risorse virtuali, al fine di gestire un picco di traffico o per ovviare a guasti, oppure la de-allocazione di alcune delle risorse, quando queste risultano essere sottoutilizzate.
Queste possono essere rafforzate da regole di tipo "business", le quali possono valutare eventuali criticità (es. limite massimo di spesa da parte di un cliente, condizione di morosità) prima dell'applicazione delle regole di scalabilità. Un esempio di infrastruttura che realizza tali prestazioni di controllo dinamico dell'allocazione delle risorse virtuali in base a politiche di servizio è fornita dalla piattaforma open source Claudia [20].
Meccanismi più sofisticati possono essere utilizzati al fine di controllare l'applicazione di regole di scalabilità dinamica tenendo conto anche dei costi da parte del fornitore dell'infrastruttura di cloud computing: meccanismi di previsioni possono essere applicati, ad esempio, per valutare i costi per soddisfare le condizioni di scalabilità rispetto alle penali di violazioni dei livelli di servizio concordati [21].
In questo modo, un'infrastruttura di cloud computing dotata di prestazioni per la gestione dinamica di regole di scalabilità da un lato permette un utilizzo più efficiente delle risorse da parte del fornitore dell'infrastruttura, il quale è in grado di ottimizzarne l'allocazione tra più clienti, e dall'altro miglioramento dei costi/benefici da parte dei clienti, i quali possono evitare situazioni di under-provisioning (con rischi di degradazione delle prestazioni delle loro applicazioni) e di over-provisioning (che determinano un aggravio economico).
In prospettiva si può ipotizzare che un'infrastruttura di cloud computing possa offrire servizi di tipo "distributed virtual execution environment", estensioni del costrutto di "virtual appliances" [20], tramite cui un cliente può richiedere l'allocazione di risorse di processing, storage e comunicazione organizzate secondo uno schema dipendente dal modello di esecuzione proprio dell'applicazione da dispiegare ed eseguire (es. applicazioni web basate su soluzioni 3-tier, applicazioni per la gestione di sessioni on-line, applicazioni di tipo MapReduce, repository organizzati secondo modelli DHT) e definire regole di scalabilità secondo specifiche condizioni di qualità del servizio o vincoli di tipo business [22].
Oltre alle regole per la gestione dinamica delle regole di scalabilità, un'infrastruttura di cloud computing può utilizzare prestazioni di tipo 0-Touch al fine di gestire la migrazione delle

Applicazione dei Principi Autonomici a Data Center decentralizzati

In questa sezione consideriamo un esempio di algoritmo distribuito di supervisione autonomica per la riduzione del consumo di energia di un "data center" decentralizzato, costituito da nodi elaborativi, ad esempio server, cluster, ed anche terminali d'utente, interconnessi attraverso una rete geografica, quale internet. Secondo il framework di supervisione descritto in precedenza, ogni elemento nel sistema viene monitorato da un componente software che realizza la supervisione del nodo in modalità autonomica. Tutti questi componenti eseguono localmente la stessa logica di supervisione e cooperano tra di loro attraverso una rete overlay. Ogni componente auto-adatta il suo comportamento secondo il suo stato, lo stato dell'elemento elaborativo controllato e le interazioni con i sui vicini nell'overlay. Diverse varianti di questa logica permettono di realizzare ottimizzazioni di differenti parametri globali del sistema, quali il miglioramento dei tempi medi di esecuzione o la riduzione del consumo energetico. Nel seguito l'approccio verrà esemplificato considerando la riduzione del consumo energetico complessivo del "data center" decentralizzato, limitando gli impatti sul tempo di esecuzione dei task [12]. La logica si basa sul fatto che un nodo elaborativo in "stand-by"consuma molta meno energia di uno in "idle": la logica, pertanto, cercherà di mettere in stand-by alcuni nodi, spostando il loro carico, in termini di "contratti" attivi verso le applicazioni client, sugli altri nodi.

La logica di supervisione di un componente (A) è organizzato in un insieme di stati, ognuno dei quali determina un particolare comportamento, schematizzato con le seguenti regole:

1) Sottoutilizzato (il nodo monitorato ha un carico inferiore ad una soglia di sottoutilizzo):
   a) A cerca tra i suoi vicini nell'overlay un nodo B che è in grado di prendere tutto il suo carico; A trasferisce tutto il suo carico verso B e mette il nodo monitorato in stand-by;
   b) A, quando riceve una richiesta da un vicino B (ad esempio in stato sovraccarico) di prendere parte del suo carico, comunica a B il carico che è in grado di accettare;

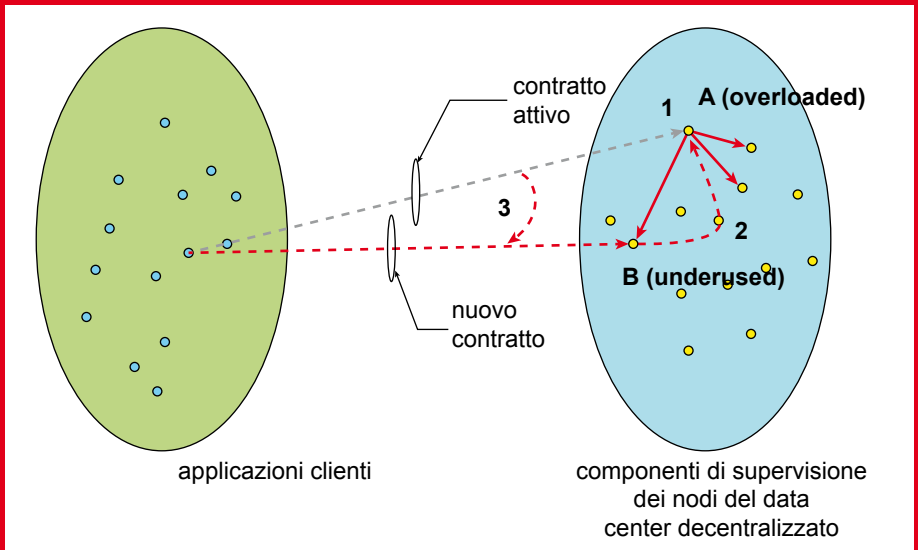
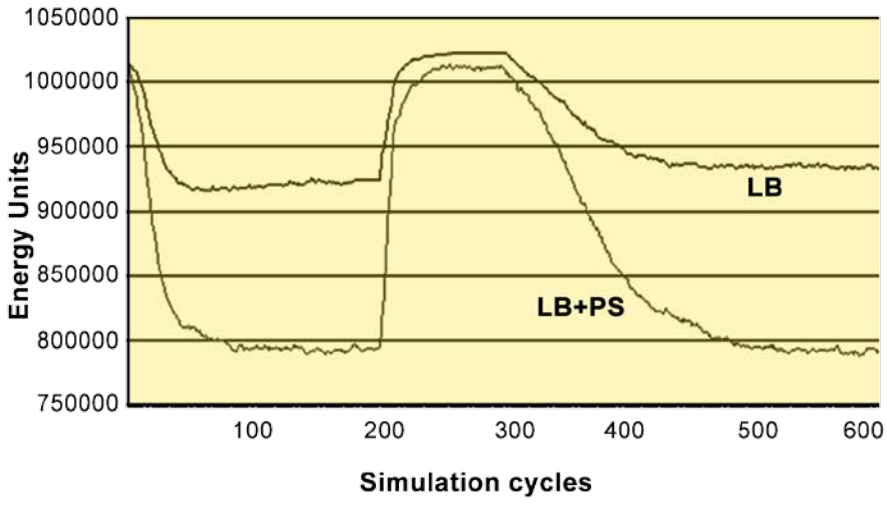


Figura A - Rappresentazione della regola di load balancing 3.a

Figura B - Confronto fra diversi insiemi di regole autonomiche



2) Normale (il nodo monitorato ha un carico tra una soglia di sottoutilizzo e di sovraccarico):
   a) A non elabora messaggi relativi al risparmio energetico;
3) Sovraccarico (il nodo monitorato ha un carico superiore ad una soglia di sovraccarico):
   a) A cerca tra i suoi vicini nell'overlay un nodo B (in stato sottoutilizzato) che è in grado di prendere parte del suo carico; A trasferisce verso B la quantità di carico accettata da questo (Figura 11);
b) altrimenti, A verifica se tra i sui vicini c'è un nodo in "stand-by"; in caso positivo, lo risveglia e gli passa parte del suo carico;
4) Stand-by (il nodo monitorato è in "stand-by"):
   a) quando A riceve una richiesta da un nodo B (in sovraccarico), riattiva il nodo monitorato e trasferisce a questo il carico ricevuto da B.

L'efficacia dell'approccio è stata analizzata per via simulativa. La Figura A compara l'energia consumata da un sistema che esegue solo le regole di load balancing (1.b, 2.a e 3.a), con quella consumata da un sistema che esegue tutte le regole. Il risparmio è di circa il 14% dell'energia, con un impatto limitato sul tempo di esecuzione (circa il 5% mediamente). Durante la fase di recupero da un picco di traffico (simulato tra i cicli 200-300) il tempo di esecuzione cresce maggiormente a causa dei ritardi nella propagazione delle informazioni attraverso il sistema, in quanto i componenti di supervisione interagiscono solo con i loro vicini nell'overlay. Durante i periodi si stabilità l'algoritmo realizza un risparmio quasi-ottimo.

risorse virtuali allocate ad un cliente o applicazione da una risorsa fisica ad un'altra [23]. In tal modo è possibile realizzare politiche di riduzione dei costi dell'infrastruttura, per esempio, mettendo in stand-by alcuni nodi per ridurre i consumi elettrici in situazioni di sottoutilizzo, oppure attuare regole per migliorare le prestazioni delle applicazioni, ad esempio "avvicinando" le risorse virtuali coinvolte in una stessa sessione applicativa, o spostandole per ovviare a guasti o sovraccarichi. È importante notare che l'applicazione di dinamica di regole di scalabilità o di migrazione richiede uno stretto coordinamento tra diverse tipologie di risorse virtuali, di processing, storage e networking, realizzabili, ad esempio a livello di "sistema operativo di rete".

6 Rete 0-Touch: dall'innovazione al dispiegamento

La rete 0-Touch può dare un contributo importante alla riduzione dei costi di un Operatore (semplificazione dei processi di gestione e controllo e ottimizzazione nell'utilizzo delle risorse); inoltre permette di ottenere una maggiore flessibilità e programmabilità della rete consentendo la creazione dinamica di ambienti robusti a supporto dei servizi, forniti dall'Operatore o da Service Provider esterni. Per questi motivi l'introduzione di soluzioni 0-Touch nel contesto attuale e prossimo futuro della rete è di interesse per l'Operatore. Nel lungo periodo, le soluzioni 0-Touch possono abilitare scenari "rivoluzionari" (per l'Operatore) quali quelli relativi a Reti di Reti, a reti pervasive e de-perimetrizzate che abilitano nuovi ecosistemi e modelli di business.

La definizione dell'evoluzione architetturale a livello di rete in questo periodo (ad esempio i progetti GENI, FIRE ed AKARI) è in bilico fra un approccio "clean-slate", di tipo rivoluzionario, ed uno più evolutivo. Ad esempio, il progetto AKARI [24] spinge verso l'introduzione di nuovi concetti (ad esempio il cross-layering ed il superamento dell'attuale networking basato sul protocollo IP) tendendo alla definizione di una rete totalmente nuova scevra da vincoli imposti dall e attuali tecnologie. La migrazione dovrà essere definita considerando l'architettura finale e cercando un cammino evolutivo dalle reti attuali la NGN verso la rete AKARI (Figura 10). Ovviamente questo approccio ha un impatto molto forte sulle reti attuali e sulla loro evoluzione richiedendo un "salto" generazionale molto impegnativo e costoso, oppure l'introduzione sulla rete NGN di soluzioni tampone evolutive (anch'esse costose e doppiamente complesse a causa della necessità di far interlavorare due soluzioni diverse).

La definizione ed introduzione graduale di una rete 0-Touch richiede uno sforzo accademico ed industriale (il secondo condiviso fra Operatori e Fornitori) per convergere verso nuove tecnologie e soluzioni efficaci ma sufficientemente semplici da introdurre e gestire nel tempo.

Il percorso verso la Rete 0-Touch, in un caso come quello di AKARI, prevede un cammino tipico dei grandi progetti di ricerca:

- analisi e sviluppo delle tecnologie e delle soluzioni che in prospettiva potrebbero abilitare l'introduzione di capacità di tipo 0-Touch in rete; queste analisi prevedono anche la valutazione della "price of feature" circa l'introduzione delle capacità di tipo 0-Touch;
- consolidamento e standardizzazione delle architetture di rete. Queste attività sono condotte non solo in ambito di standardizzazione (ad esempio ETSI e ITU ed in genere nelle attività internazionali sulla Future Internet). I progetti europei ed internazionali potrebbero contribuire a definire sempre più in dettaglio

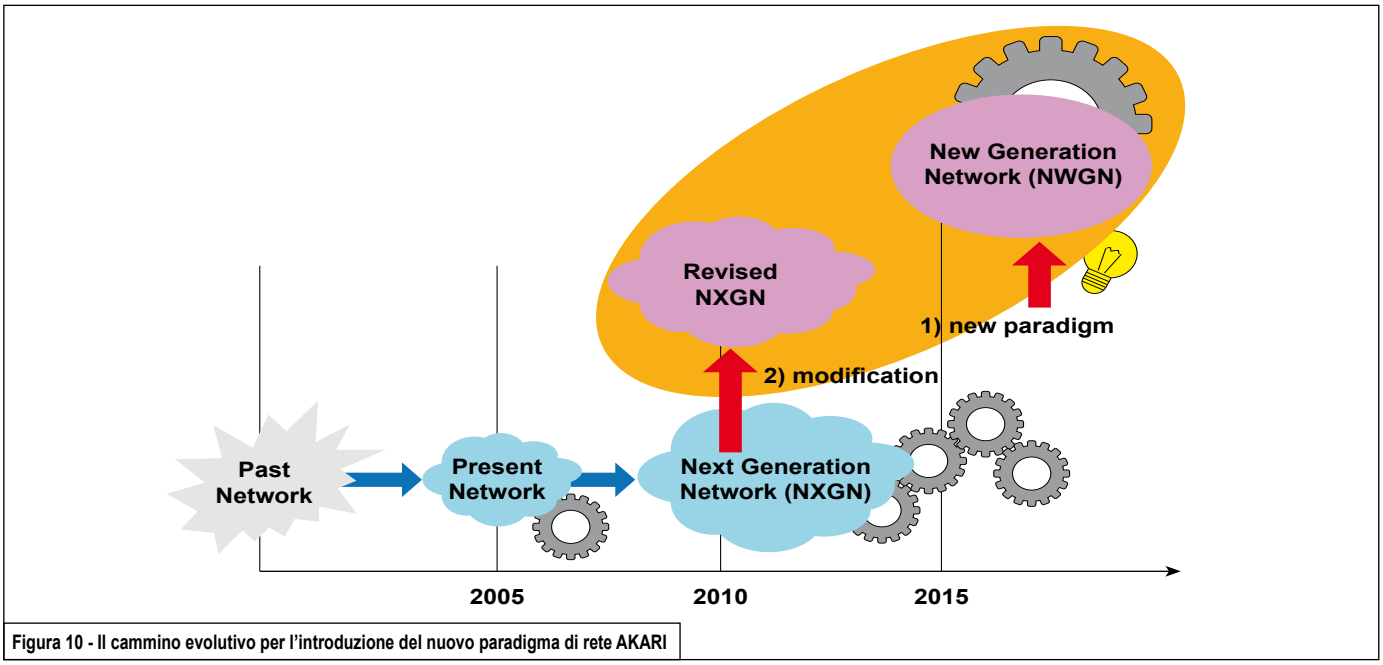


Figura 10 - Il cammino evolutivo per l'introduzione del nuovo paradigma di rete AKARI

un'architettura a tendere per la Rete di Reti e la Rete 0-Touch. Apertura e interoperabilità sono requisiti essenziali;
- la definizione di cammini evolutivi per permettere la migrazione delle reti attuali e del prossimo futuro verso reti con proprietà e funzioni 0-Touch.

Dal punto di vista dell'Operatore, è opportuno un approccio più pragmatico ed operativo per sfruttare i vantaggi della Rete 0-Touch in maniera progressiva. A fronte di una partecipazione ed un forte contributo alle attività di ricerca e di standardizzazione come quelle ipotizzate in precedenza (l'architettura finale è una Stella Polare che guida gli sviluppi più pragmatici e nel breve-medio periodo), un Operatore dovrebbe identificare e favorire le "opportunità" per dispiegare quelle funzionalità di tipo 0-Touch, aperte e standard, che possono favorire lo sviluppo del proprio business. Nel prossimo futuro, il dispiegamento della NGN e l'obsolescenza di alcuni apparati di rete potrebbero richiedere la revisione e il cambiamento di alcuni processi aziendali. Questi aggiustamenti potrebbero diventare delle opportunità per introdurre soluzioni autonomiche o allineate alla filosofia 0-Touch per semplificare ed automatizzare il governo della rete e delle risorse. Tali soluzioni (anche sviluppate internamente) dovrebbero essere allineate con lo stato dell'arte e non discostarsi troppo da un piano "a tendere" della rete 0-Touch ideale. Da subito, l'Operatore potrebbe trarre beneficio dalle funzionalità offerte dalla progressiva virtualizzazione delle proprie piattaforme informatiche e dalla programmabilità ed interfacce offerte dalle piattaforme di rete. La piattaforma di controllo e di gestione potrebbe arricchirsi progressivamente di applicativi che semplificano le operazioni di gestione e configurazione dei diversi nodi di rete. In questo senso assume un particolare interesse l'iniziativa OpenFlow [25], sia per le potenzialità offerte in termini di apertura e programmabilità (si pensi ad esempio al Software Defined Networking [26]), sia per la possibilità di integrare agevolmente, nei relativi controllori, funzionalità di tipo 0-Touch.

Dal punto di vista dell'infrastruttura dei servizi, un'opportuna combinazione di funzionalità centralizzate (ad esempio su SDP) e decentralizzate (ad esempio, basate su soluzioni di tipo "cloud" e su offerte di prestazioni in modalità XaaS) possono supportare un grado sempre più automatizzato di configurabilità e controllo delle risorse. Un esempio è fornito dall'introduzione di funzionalità di supervisione per l'attuazione di regole di elasticità al fine di realizzare una allocazione dinamica delle risorse e prestazioni, al variare del contesto di esecuzione dei servizi, come realizzato dalla piattaforma open source Claudia [20].

Un aspetto particolarmente delicato su cui intervenire per non incorrere nel fenomeno del lock-in è quello della predisposizione e dispiegamento di soluzioni aperte, interoperabili e programmabili. Sarebbe un pericolo accettare in questo contesto soluzioni chiuse e non interoperabili. La parte pragmatica e con impatti nel breve e medio termine può essere così riassunta:
- analisi ed elaborazione di nuovi processi aziendali che possano trarre vantaggio dalla funzionalità autonomiche e cognitive permettendo di ridurre gli Opex e di utilizzare risorse umane con competenze pregiate per

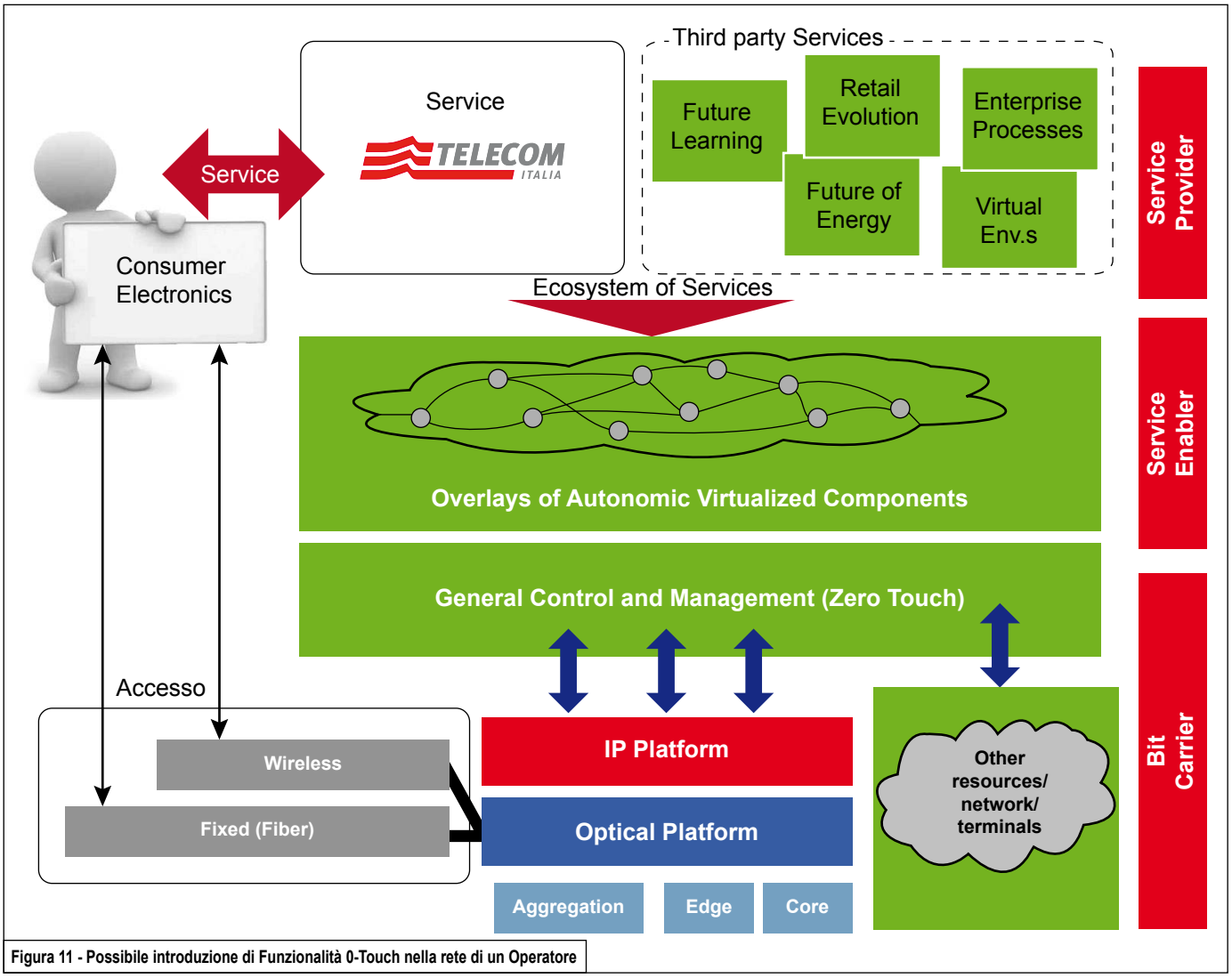


Figura 11 - Possibile introduzione di Funzionalità 0-Touch nella rete di un Operatore

l'anticipazione dei problemi ed una sempre più precisa pianificazione delle nuove soluzioni;

- introduzione graduale di soluzioni di governo delle risorse con un sempre maggiore tasso di automazione, in quelle aree dove il vantaggio per l'Operatore è massimo;
- definizione di piani di sfruttamento di tale tecnologia e soluzioni per abilitare nuovi ecosistemi di servizi e per offrire servizi e funzionalità deperimetrizzati (ossia in un mercato globale e non necessariamente abilitato dalla presenza di risorse fisiche di proprietà).

Questi punti permetteranno agli Operatori più attivi in questo campo di trarre per primi i benefici di una tecnologia che si annuncia ricca di innovazione e, per molti aspetti, rivoluzionaria.

La Figura 11 presenta ad alto livello un'architettura per la rete futura dell'Operatore congruente con la possibile evoluzione delle architetture 0-Touch, ma che non richiede un cammino "rivoluzionario" per la sua implementazione. Essa permette di integrare i vantaggi derivanti dall'evoluzione della rete di accesso e di trasporto e dall'altra quelli resi possibili dalla disponibilità di una rete altamente programmabile. Tale sfida può essere giocata solo orchestrando opportunamente le attività di ricerca internazionale ed azioni interne per la realizzazione graduale ma coordinata di una infrastruttura di rete e di servizi di tipo 0-Touch ■

antonio.manzalini@telecomitalia.it
roberto.minerva@telecomitalia.it
corrado.moiso@telecomitalia.it

Bibliografia

[1] BATMAN protocol, https://www.open-mesh.org/wiki/BATMANConcept.

[2] Robert Axelrod, "Review Symposium Beyond the Tragedy of the Commons", in Perspective on Politics, Vol. 8, No. 2 (2010), 580-582.

[3] Kerravala, The Yankee Group "Configuration Management Delivers Business Resiliency", (2002).

[4] D. Oppenheimer, A. Ganapathi, D. A. Patterson, "Why Internet services fail and what can be done about these?", in USENIX USITS, Oct. 2003.

[5] S. Dobson, S. Denazis, A. Fernández, D. Gaïti, E. Gelenbe, F. Massacci, P. Nixon, F. Saffre, N. Schmidt, F. Zambonelli, "A survey of autonomic communications", ACM Trans. Auton. Adapt. Syst., Vol. 1, No. 2 (2006), 223-259.

[6] D. Clark, C. Partridge, J. C. Ramming, J. T. Wroclawski, "A knowledge plane for the Internet", in Proc. of SIGCOMM 2003.

[7] J. Gantz, "The Embedded Internet: Methodology and Findings, in IDC (2009).

[8] M. C. Huebscher, J. A. Mccann, "A survey of Autonomic Computing - Degrees, Models, and Applications", ACM Computing Surveys, Vol. 40, No. 3, Article 7 (2008).

[9] J. Brønsted, K. M. Hansen, M. Ingstrup, "Service Composition Issues in Pervasive Computing", IEEE Pervasive Computing, Vol. 9, No. 1 (2010), 62-70.

[10] O. Kephard, D. M. Chess, "Vision of Autonomic Computing", IEEE Computer, Vol. 36, No. 1 (2003), 41–50.

[11] A. Manzalini, R. Minerva, C. Moiso, N. Brgulja, "Autonomic nature-inspired eco-systems", in Springer Transactions on Computational Science, Special Issue on "Advances in Autonomic Computing: Formal Engineering Methods for Nature-Inspired Computing Systems", a cura di Phan Cong Vinh (2011).

[12] P. Deussen, M. Baumgarten, M. Mulvenna, A. Manzalini, C. Moiso, "Component-ware for Autonomic Supervision Services - The CASCADAS Approach", in Journal on Advances in Intelligent Systems, Vol. 3, No. 1&2 (2010), 87-105.

[13] R. Chaparadza, L. Ciavaglia, et al., "ETSI Industry Specification Group on Autonomic Network Engineering for the Self-managing Future Internet (ETSI ISG AFI)", in Proc. 10th Conf. on Web Information Systems Engineering (2009), 61-62.

[14] UNIVERSELF Project, http://www.univerself-project.eu/.

[15] P. Faas, "Simulation Of Autonomic Logistics System (Als) Sortie Generation", http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf&AD=ADA413196.

[16] GENI Initiative, http://www.geni.net/.

[17] J. Chase, A. Yumerefendi, I. Baldine, Y. Xin, A. Mandal, C. Heerman, D. Irwin, "Cloud Network Infrastructure as a Service: An Exercise in Multi-Domain Orchestration", http://www.cs.duke.edu/nicl/pub/papers/cloud-network.pdf

[18] J. Chase, L. Grit, D. Irwin, et al., "Beyond Virtual Data Centers: Toward an Open Resource Control Architecture", in Proc. Int. Conf. on the Virtual Computing Initiative (2007), http://www.cs.duke.edu/nicl/pub/papers/vci07.pdf.

[19] A. Manzalini, P.H. Deussen, S. Nechifor et alii "Self-optimized Cognitive Network of Networks", Oxford Journals "The Computer Journal" (2010), http://comjnl.oxfordjournals.org/content/54/2/189.full.pdf

[20] L. Rodero-Merino, L. Vaquero, V. Gil, F. Galn, J. Fontn, R. Montero, I. Llorente, "From infrastructure delivery to service management in clouds", Journal on Future Generation Computer Systems 26 (2010), 1226-1240.

[21] J. Fito, I. Goiri, J. Guitart, "SLA-driven Elastic Cloud Hosting Provider", in Proc. Conf. on Parallel, Distributed and Network-Based Processing (2010), 111-118.

[22] Eurescom Strategic Project P2053, "Dynamic Service Discovery and Use in Clouds: Technical and Business Perspective", Deliverable D1 (2011).

[23] P. Ruth, J. Rhee, D. Xu, R. Kennell, S. Goasguen, "Autonomic Live Adaptation of Virtual Computational Environments in a Multi-Domain Infrastructure", in Proc. Conf. on Autonomic Computing (2006), 5-14.

[24] AKARI Project "New Generation Network Architecture AKARI Conceptual Design", disponibile in http://akari-project.nict.go.jp/eng/concept-design/AKARI_fulltext_e_translated_version.pdf.

[25] N. McKeown, T. Anderson, H. Balakrishnan, G. Parulkar, L. Peterson, J. Rexford, S.Shenker, J. Turner, "OpenFlow: enabling innovation in Campus Networks", disponibile in http://www.openflow.org//documents/openflow-wp-latest.pdf.

[26] N. McKeown, "Software Defined Networking", disponibile in http://tiny-tera.stanford.edu/~nickm/talks/infocom_brazil_2009_v1-1.pdf.

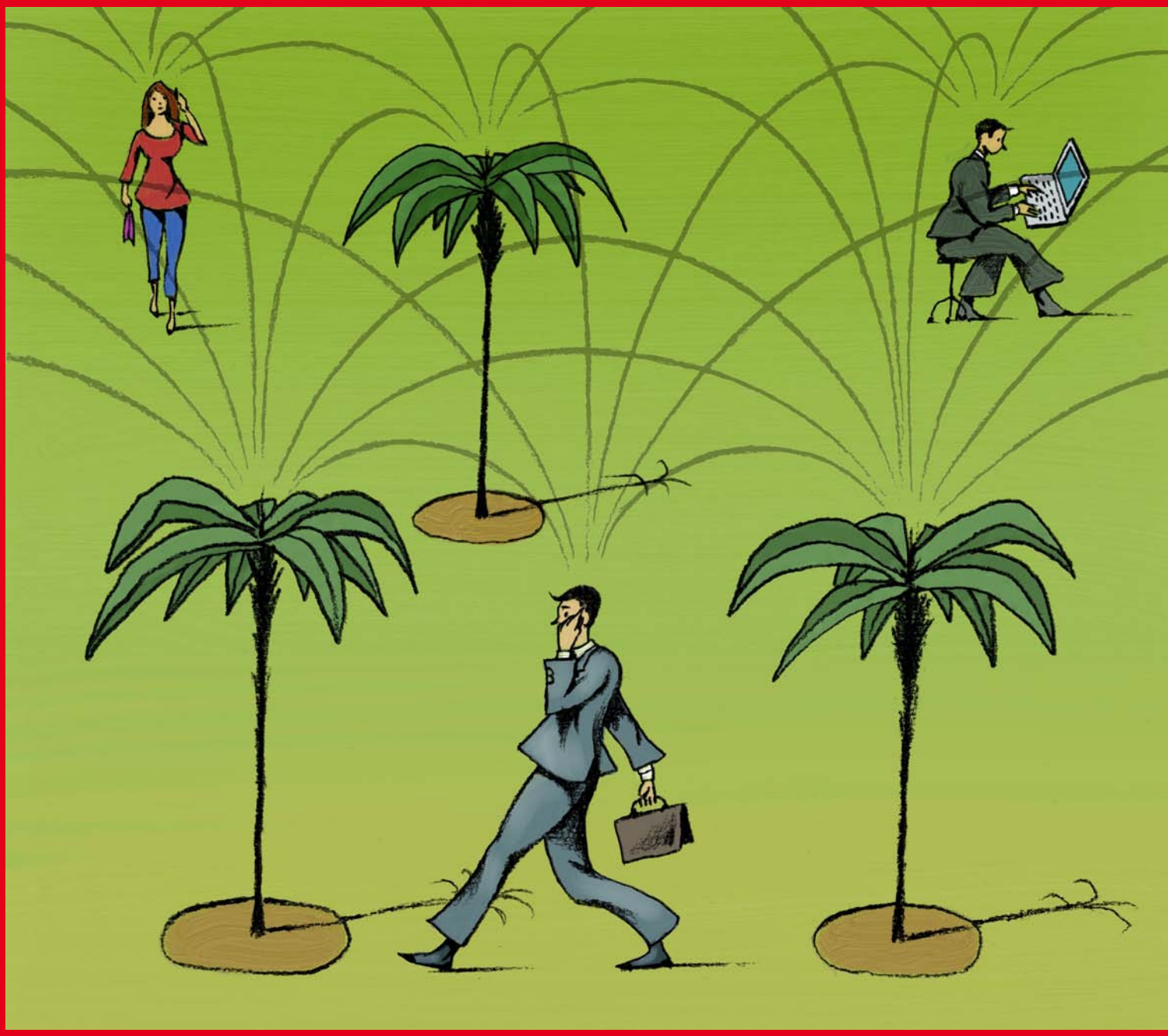
Antonio Manzalini
Ingegnere elettronico è entrato in Azienda nel 1990 ed ha partecipato a diversi progetti di ricerca finanziati dalla Comunità Europea, riguardanti reti di trasporto ottico e GMPLS, occupando varie posizioni di responsabilità. Ha partecipato in ITU-T ed ETSI in molte attività di standardizzazione nelle telecomunicazioni. Attualmente si occupa di tecnologie e architetture per reti auto-adattative e capaci di auto-gestione abilitanti ecosistemi servizi e Future Internet. Nel 2008 ha conseguito la certificazione internazionale PMI come Project Manager. È autore di molte pubblicazioni, nonchè di brevetti internazionali su soluzioni di reti e servizi.

Roberto Minerva
Informatico, attualmente i suoi interessi si focalizzano su architetture altamente distribuite, Rete di Reti e autonomic networking. In Azienda dal 1987 si è occupato, con crescenti responsabilità, di Rete Intelligente, Architetture per Reti Wireless, Servizi per il Business e Testing di Sistemi Broadband. Ha partecipato a diverse attività Internazionali (TINA, OSA/Parlay, IMS).

Corrado Moiso
Informatico dal 1984 è in Azienda. Inizialmente ha studiato linguaggi logici e funzionali, l'elaborazione distribuita ad oggetti ed il loro uso in TMN. Dal 1994, con diversi ruoli di responsabilità, ha investigato l'introduzione di IT nell'Intelligenza di Rete, contribuendo alla sperimentazione di TINA, allo standard Parlay ed all'introduzione di SOA in piattaforme di servizio. Attualmente investiga l'adozione di architetture decentralizzate e di tecnologie autonomiche nelle infrastrutture di rete. Ha collaborato a progetti finanziati da EC ed Eurescom; è autore diverse pubblicazioni, nonché di brevetti su sistemi e metodi per servizi.

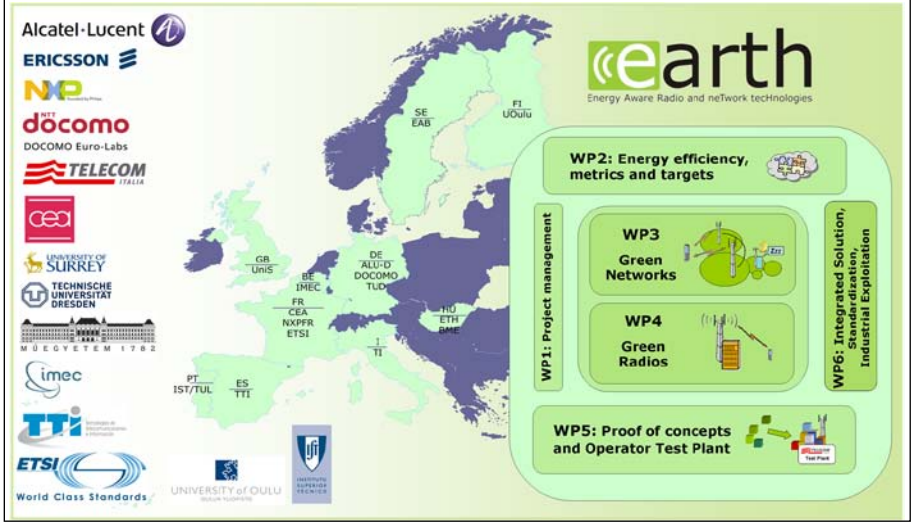
AL VIA IL PROGETTO EARTH: RISPARMIO ENERGETICO NELLA RETE MOBILE

Giorgio Calochira, Roberto Fantini, Dario Sabella



Il progetto di ricerca EARTH (*Energy Aware Radio and NeTwork TecHnologies*)[1], finanziato dalla Comunità Europea, sviluppa soluzioni innovative per il risparmio energetico nella rete mobile. Raggruppa in un consorzio di 15 attori, (tra cui partner industriali, come Telecom Italia, Alcatel-Lucent, Ericsson, DOCOMO, NXP, TTI Norte e IMEC) e mira a ridurre di un fattore superiore al 50% il consumo energetico dei sistemi broadband radiomobili, con conseguenti benefici in termini di risparmio e di diminuzione delle emissioni nocive. Il progetto EARTH si concentra in modo particolare sulla rete di accesso RAN (*Radio Access Network*), individuata come la principale fonte del consumo energetico nella rete dell'operatore radiomobile. Si parte inoltre dall'assunto che per buona parte dell'arco giornaliero le stazioni radio base si trovano una situazione di basso carico e in tali condizioni spesso gli apparati attualmente dispiegati nelle reti hanno un consumo molto elevato, con impatti anche notevoli sui costi di esercizio della rete. Le direzioni in cui il progetto EARTH si propone di investigare vanno dallo sviluppo di una nuova generazione di dispositivi e componenti, all'adozione di nuove strategie di dispiegamento e sistemi di gestione della rete, all'utilizzo di algoritmi innovativi per l'utilizzo efficiente delle risorse radio. In questo articolo vengono presentati i primi risultati ottenuti da Telecom Italia Lab (Centro di Innovazione di Telecom Italia), relativamente ad alcune delle tematiche affrontate dall'Azienda nell'ambito del progetto EARTH: in particolare i contributi qui descritti sono relativi al Task 3.1 (Deployment Strategies) e sono basati metodo E3F (*Energy Efficiency Evaluation Framework*) per la valutazione dell'efficienza energetica nella rete mobile.

Figura 1 - Il progetto di ricerca EARTH e la sua organizzazione [1]



1 Modello per la valutazione dell'efficienza energetica

La metodologia comunemente utilizzata per valutare le performance di una rete wireless consiste nel simulare aspetti rilevanti della rete di accesso a livello di sistema. I risultati ottenuti (come ad esempio il throughput di sistema o d'utente misurato in bit/s) sono spesso visualizzati tramite una funzione di distribuzione cumulativa CDF (*Cumulative Distribution Function*) e vengono specificati sistemi e scenari di riferimento, in modo da assicurare che i risultati generati da differenti strumenti simulativi siano

1 *https://www.ict-earth.eu*

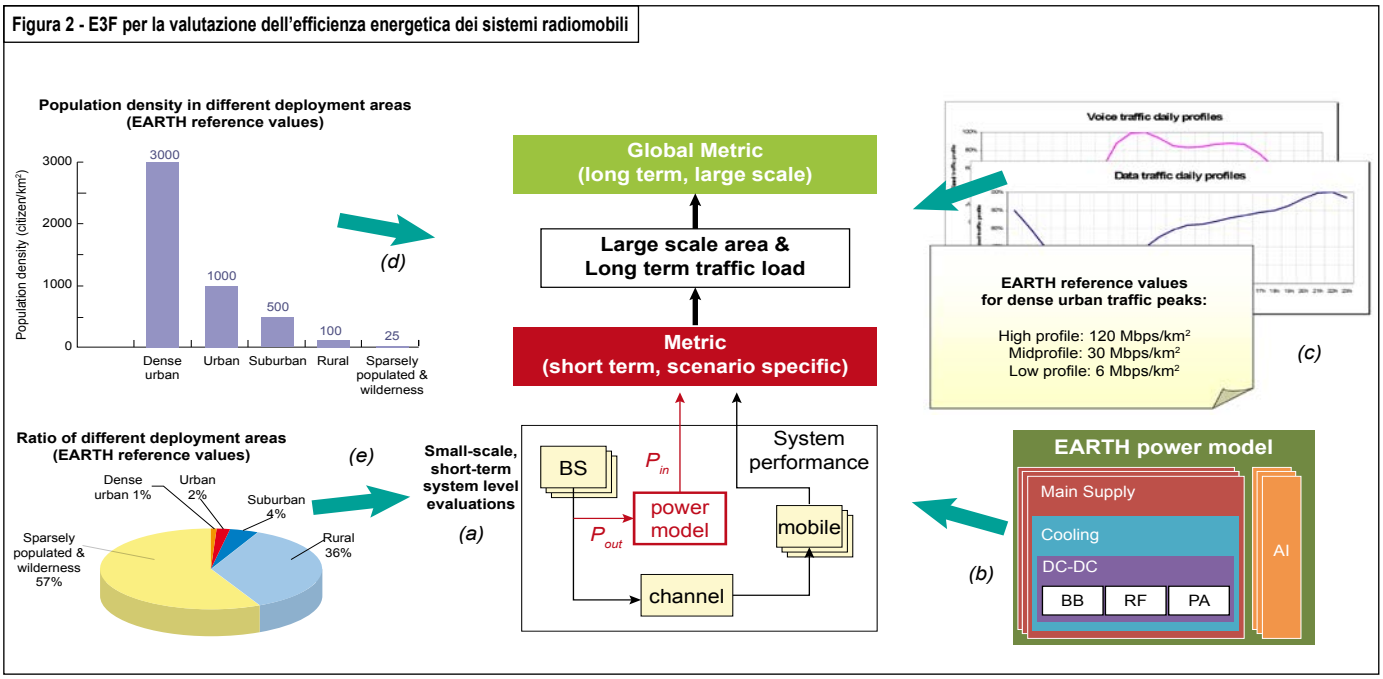
comparabili. Questo approccio condiviso è frutto del lavoro di enti di standardizzazione, come il 3GPP [3], e progetti di ricerca internazionali come il progetto europeo WINNER (*Wireless World Initiative New Radio*) [4], costituito da partner industriali e del mondo accademico. L'esempio più rappresentativo di tale iniziativa è il metodo portato in ITU per valutare le proposte di sistemi e la conformità ai requisiti per la famiglia IMT-Advanced [5]. In questa direzione si muove l'E3F definito da EARTH [9], basato appunto sul framework del 3GPP per la valutazione del sistema LTE [3]. La Figura 2 mostra le principali estensioni rispetto ai framework esistenti, necessarie a quantificare l'efficienza energetica dell'intera rete radiomobile, dal punto di vista dei contributi a livello di componente, di singolo nodo e di rete:

- **il modello di potenza**, che consente di effettuare una corrispondenza tra la potenza RF irradiata agli elementi di antenna e la potenza totale consumata necessaria alla stazione radio base per operare in rete. Il modello di potenza mappa i guadagni a livello di componente (come per esempio un miglioramento dell'efficienza energetica negli amplificatori di potenza) nei corrispondenti risparmi energetici nell'intera rete;
- **i modelli di traffico a lungo termine**, che consentano di descrivere le fluttuazioni di carico lungo l'intero arco della giornata, complementari a modelli di traffico statistici di "breve termine" (come il download di file FTP o le chiamate VoIP); si parte quindi da simulazioni di sistema che analizzano il comportamento del sistema all'interno di singole sessioni voce/dati, supponendo quindi un livello di carico mediamente costante in quest'arco temporale, per arrivare a considerare differenti condizioni di carico e pesare i differenti comportamenti del nodo durante l'intero periodo di operatività;
- **i modelli di dispiegamento su larga scala**, considerando ampie aree geografiche in modo da estendere gli scenari di dispiegamento su piccola scala. Infatti, ad ogni particolare scenario di deployment (dense-urban, urban, suburban e rural) corrisponde una determinata efficienza della rete (data da quel particolare scenario, dalla densità di popolazione e dai livelli di traffico); l'obiettivo di EARTH è infatti quello di considerare tutti gli scenari, pesandoli opportunamente in modo da fornire un'unica valutazione di efficienza energetica valida globalmente per la rete dell'operatore mobile.

Il metodo E3F adottato dal progetto EARTH per l'assessment dell'efficienza energetica della rete mobile si compone quindi dei seguenti passi [9]:

1) si parte da valutazioni di breve termine e su piccola scala (Figura 2, parte (a)), condotte per ogni singolo scenario (dense urban, urban, suburban e rural) e per un set rappresentativo di livelli di carico (che sia cioè capace di descrivere l'intero intervallo compreso tra il minimo e il massimo carico osservati in rete);
2) tali valutazioni di sistema forniscono quindi i valori di consumo energetico (mediante l'applicazione del modello di potenza, Figura 2, parte (b)) e di altre metriche di performances della rete (per esempio: throughput, QoS) per ogni scenario di deployment e per ogni valore di carico considerato;

Figura 2 - E3F per la valutazione dell'efficienza energetica dei sistemi radiomobili



3) dato il profilo di traffico giornaliero (Figura 2, parte (c)) per ciascun scenario di deployment, il consumo di potenza su un intero giorno/settimana è generato dalla somma pesata di tutti i contributi di breve termine;
4) ed ancora, il mix di scenari di deployment (Figura 2, parte (d), parte (e)) che determina l'area coperta da città, paesi, zone rurali e villaggi, consente di calcolare un unico valore globale di consumo: tale valore è quindi indicativo del risparmio energetico, che si ottiene implementando le soluzioni adottate in rete su larga scala.

Merita un'attenzione particolare il **modello di potenza** elaborato da EARTH (Figura 2, parte (b) e Figura 3), che costituisce una delle principali innovazioni introdotte dal progetto per valutare i consumi della stazione radio base. Infatti il modello di potenza rappresenta l'interfaccia tra il livello dei componenti e il livello di sistema e permette quindi di quantificare come un determinato risparmio energetico, ottenuto in uno specifico componente, possa migliorare l'efficienza energetica a livello di nodo e a livello di rete.

Nel progetto è stato infatti definito un modello di potenza per vari tipi di stazioni base LTE (macro, micro, pico e femto), considerando come riferimento lo stato dell'arte in termini di componenti elettronici, di hardware e firmware/software installato a bordo della stazione radio base. L'assunzione base è quella di considerare in prima istanza la relazione tra potenza RF irradiata e potenza consumata dalla stazione base come una relazione lineare[2]; la potenza d'ingresso P_{in} richiesta per ottenere una determinata potenza P_{out} in aria è quindi determinata da:

$$P_{in} = P_0 + \Delta_p \cdot P_{out}, \quad dove\ 0 \le P_{out} \le P_{max} \qquad (1)$$

dove P_{max} denota la massima potenza RF in uscita al massimo carico e P_o è il consumo di potenza calcolato alla minima possibile potenza di uscita, assunta essere attorno all'1% del massimo. I parametri ottenuti per differenti tipologie di BS basati su stime dello stato dell'arte all'inizio del progetto (anno 2010) sono elencati in Tabella 1.

LTE BS type	P_{max} (W)	P_0 (W)	Δp
Macro	40	712	14,5
Micro	6,3	106	6,35
Pico	0,25	14,9	8,4
Femto	0,1	10,1	15

Tabella 1 - Parametri del modello di potenza (EARTH) per differenti tipi di Stazione Radio Base (2010 – State of the Art estimation)

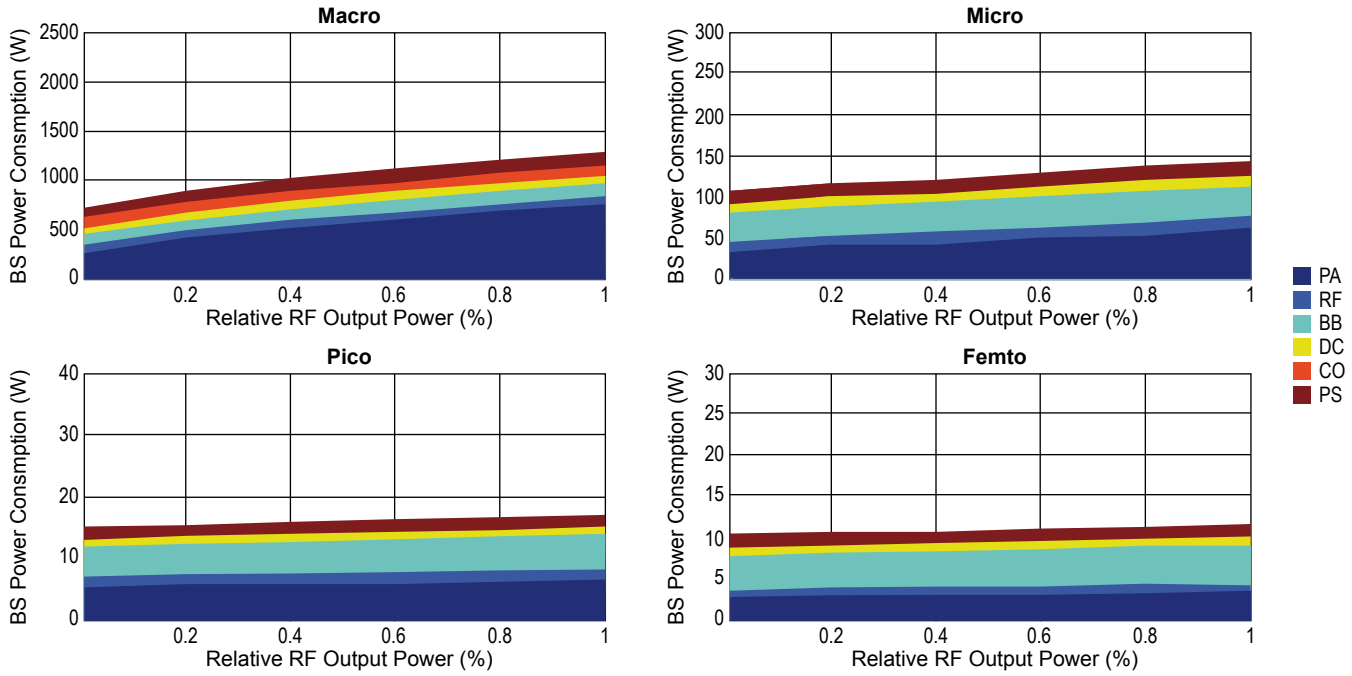


Figura 3 - Dipendenza lineare della potenza consumata dalla potenza di uscita per differenti tipologie di BS [9]; valori relativi a LTE eNB con 10MHz di bandwidth, e configurazione base MIMO 2x2. Le BS di tipo macro utilizzano 3 settori per sito. Legenda: PA: Power Amplifier, RF: small signal RF transceiver, BB: Baseband processor, DC: DC-DC converters, CO: Cooling, PS: AC/DC Power Supply

2 Questa approssimazione è giustificata in quanto effettuata nella prima fase del progetto; è possibile che nel corso del progetto tali modelli lineari vengano abbandonati in favore di altri modelli di potenza più accurati.

Progetto EARTH, work package 5: "Proof of Concepts and Operator Test Plant"

La prima parte delle attività è stata la definizione dei potenziali scenari di test da allestire presso il Test Plant di Telecom Italia, per la validazione di tutte le soluzioni innovative orientate all'efficienza energetica con particolare attenzione a due scenari.
Il primo riguarda l'esecuzione di una campagna di prove finalizzata alla validazione di un'innovativa funzionalità di "Radio Resource Management" (denominata "ON/OFF scheme"), basata su un algoritmo di accensione e spegnimento di una delle celle componenti l'architettura di rete mobile del Test Plant. In particolare, mediante l'adozione di questa funzionalità sarà possibile spegnere temporaneamente la cella al raggiungimento di una soglia minima di traffico a circuito ed a pacchetto e di assicurare la sua riaccensione alla comparsa di nuove richieste di traffico.
Il secondo scenario è finalizzato alla validazione del "EARTH Transceiver System", ossia di una board che includerà sotto forma prototipale tutti i componenti a radiofrequenza che equipaggeranno le future stazioni radio base in tecnologia LTE progettate e realizzate all'insegna del risparmio energetico.
Questi componenti e le relative funzionalità, progettati e realizzati tanto per stazioni radio base di tipo "piconode", quanto per stazioni di tipo "macronode", saranno sottoposti a test, riproducendo carichi di traffico e potenze di trasmissione variabili e basati su scenari di traffico di riferimento predefiniti. In questo modo sarà possibile testare funzionalità del tutto innovative e finalizzate all'efficienza energetica tra le quali:

- "bandwidth/capacity adaptation";
- "on-off switching";
- "performance scaling".

Va sottolineato infine come ciascuna innovazione del progetto (comprese quelle che confluiranno nel WP5 per essere testate nel Test Plant di Telecom Italia) è sottoposta ad accurata procedura di selezione dei "most promising tracks", procedura che consiste nell'individuazione delle soluzioni tecnologiche che, una volta integrate, consentono di massimizzare i guadagni del sistema in termini di energy efficiency.
L'integrazione delle soluzioni individuate come più promettenti costituirà quindi l'ossatura di quello che a fine progetto verrà indicato come "EARTH system".

william.tomaselli@telecomitalia.it

2 Il deployment oltre la rete legacy

Il progetto EARTH, pur focalizzando la sua attenzione sui sistemi LTE di nuova generazione, analizza anche gli aspetti di deployment che prendono in considerazione i sistemi legacy, GSM ed UMTS. Dal momento che il sistema LTE sarà gradualmente introdotto in rete ed i sistemi precedenti saranno in campo ancora per un periodo significativo, si è deciso di investigare il tema al fine di fornire linee guida per un corretto multi-RAT deployment che sia anche efficiente dal punto di vista energetico.
Lo scopo è quello di sfruttare a proprio vantaggio l'evoluzione nel tempo delle reti radiomobili pre-esistenti che si espandono per soddisfare l'aumento di traffico offerto, in modo da ottenere un aumento dell'efficienza energetica dell'intera rete eterogenea. L'idea è quella di studiare la distribuzione di carico fra i vari RAT, prendendo in considerazione l'aumento di traffico offerto, i diversi tipi di terminali disponibili (con diverse capabilities), aspetti di efficienza energetica e possibili riutilizzi di siti in tecnologie legacy.
Per determinare il consumo energetico della rete è necessario partire dai modelli di potenza semplificati delle varie tipologie di celle presenti o che saranno introdotte in rete sia a livello di RAT (GSM, UMTS e LTE) che di cell-size (cella macro o micro).
L'approccio tipico per questo tipo di analisi consiste infatti nel definire dei modelli di potenza lineari di un nodo di rete che constano di due componenti: un consumo di potenza costante (offset) e un fattore di potenza variabile legato alla potenza trasmessa in uscita (slope) (vedere equazione 1). Per correlare i consumi di rete alla capacità della stessa si è quindi introdotta una semplificazione nel modello di potenza del singolo nodo, rispetto a quello definito nella cornice del E3F, dove il delta (slope) di potenza consumata rimane lo stesso, ma la linearità viene riferita al throughput in downlink smaltito (o soddisfatto) dal nodo. In questo caso, il consumo massimo di potenza si ha quando il nodo trasmette alla massima capacità, mentre il consumo minimo si avrà quando nessun terminale è servito dalla cella, ma vengono trasmessi solo i canali pilota o i common control channel. La variazione di consumo di potenza diventa quindi proporzionale al throughput dati di una cella di uno specifico tipo di RAT (vedi Figura 4).
La definizione dei modelli di potenza è stata coordinata con i partner, le approssimazioni dei modelli di potenza usati per il GSM e UMTS le macro celle in ambiente urbano e rurale sono derivate da [13], mentre per il RAT LTE si sono considerate sia celle macro che micro ed i valori sono derivati dal mo-

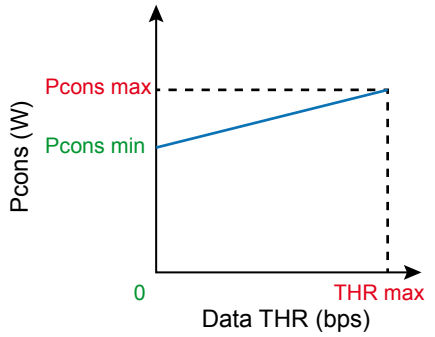


Figura 4 - Esempio di un modello di potenza lineare correlato al throughput

dello di potenza definito nella metodologia E3F e descritto nel documento [9]. Per quanto riguarda la definizione dei modelli di potenza per le base station legacy si è quindi utilizzata la seguente formula descritta in [13]:

$$P_{BS,\,Macro} = N_{Sector} \cdot N_{PApSec} \cdot \left(\frac{P_{TX}}{\mu_{PA}} + P_{SP}\right) \cdot (1+C_C) \cdot (1+C_{PSBB}) \quad (2)$$

dove i parametri sono descritti nella Tabella 2.

Tali parametri fanno riferimento ai componenti principali di una base station qui di seguito descritti.

Parametro	Descrizione
N_{Sector}	Numero di settori
N_{PApSec}	Numero di PA per settore
P_{TX}	Potenza in Tx
μ_{PA}	Efficienza del PA
P_{SP}	Overhead dovuto al signal processing
C_C	Perdita per cooling
C_{PSBB}	Perdita per battery backup e power supply

Tabella 2 - Parametri del modello di potenza lineare

- **Amplificatore di Potenza**: l'amplificatore PA (*Power Amplifier*) viene caratterizzato dalla sua efficienza ossia dal rapporto fra la potenza trasmessa e la potenza in ingresso (*direct current input power*);
- **Signal Processing**: l'overhead del signal processing cambia da RAT a RAT. I segnali UMTS sono più complessi di quelli del GSM, quindi, i valori per l'UMTS sono più alti;
- **Convertitore A/D**: un convertitore A/D consuma meno del 5% della potenza di ingresso di una base station macro. Non è stato considerato a parte ma si assume incluso nel signal processing;
- **Power Supply and Battery Backup**: la perdita dovuta e questi due componenti è tipicamente fra il 10% e il 15% ed è direttamente dipendente dalla tecnologia utilizzata. In genere, il 10% è considerato un valore ottimistico;
- **Cooling**: il cooling dipende principalmente dalle condizioni ambientali. I valori spaziano fra lo zero (free cooling) e il 40%.

In [13] sono indicati i dettagli dei consumi di potenza a livello di componenti per le base station GSM e UMTS. Nel raffronto, ogni base station è stata considerata tri-settoriale e si è ipotizzato che ogni portante in ciascun settore avesse un suo amplificatore di potenza dedicato. Sono stati analizzati siti ad alta capacità (sei portanti per settore per il sito GSM e due portanti per settore per l'UMTS) e a media capacità (due portanti per settore per il GSM e una portante per settore per l'UMTS).

Un consumo di potenza massimo $P_{BS,MAX}$ e un consumo di potenza minimo $P_{BS,MIN}$ sono quindi stati definiti per i vari RAT e le tipologie di siti considerati. $P_{BS,MAX}$ si ha a pieno carico quando la potenza trasmessa P_{TX} è al massimo. $P_{BS,MIN}$ si ha quando il carico è zero e nessun terminale è servito dalla base station. L'unica trasmissione attiva è legata ai canali beacon e pilota. In particolare, per il RAT GSM, la portante che trasmette il BCCH è sempre attiva, mentre per l'UMTS ad ogni portante la potenza massima associata ai canali comuni di controllo è pari al 10% della massima potenza trasmissibile a radiofrequenza [14]. Si è deciso di approssimare tutti i valori con una granularità di 50 W. Tali valori sono indicati nella Tabella 3.

Una volta definiti i modelli di potenza, questi sono stati applicati ad un primo studio per capire quali aspetti possano essere analizzati con il metodo proposto. Dal momento che lo scopo è quello di determinare gli aspetti chiave da prendere in considerazione in un deployment che risponda alla richiesta di aumento di capacità senza perdere di vista gli aspetti di efficienza energetica, si è ipotizzato, a partire da una rete legacy, uno sviluppo della rete in un arco temporale di tre anni, con un aumento annuo (CAGR) della richiesta di capacità di traffico dati pari al 108% [15]; per semplicità la distribuzione del traffico è stata ipotizzata essere uniforme. In questa prima analisi, si è definito uno scenario multi-RAT in un contesto urbano [6], ipotizzando l'utilizzo di macro siti legacy ad alta capacità, macro e micro-

	$P_{i,MIN}$	$P_{i,MAX}$
GSM (2/2/2)	950 W	1450 W
GSM (6/6/6)	1350 W	3700 W
UMTS (1/1/1)	450 W	1450 W
UMTS (2/2/2)	1150 W	1550 W
LTE (3 settori 2x2 MIMO)	700 W	1300 W
LTE micro (singola cella)	100 W	150 W

Tabella 3 - Valori minimi e massimi per i modelli di potenza delle BS e RAT considerati.

celle LTE. In questa fase, le ipotesi di sviluppo si sono concentrate sulla capacità senza prendere in considerazione gli impatti sulla copertura, le procedure di controllo e i vincoli regolatori. Nell'analisi si è anche tenuto conto della penetrazione dei terminali multimode in accordo con [6].
Per il calcolo del consumo di potenza globale della rete multi-RAT, sono stati applicati i modelli di potenza dei diversi RAT e tipi di sito (macro, micro), in accordo con il loro numero e livello di carico utilizzando la seguente formula:

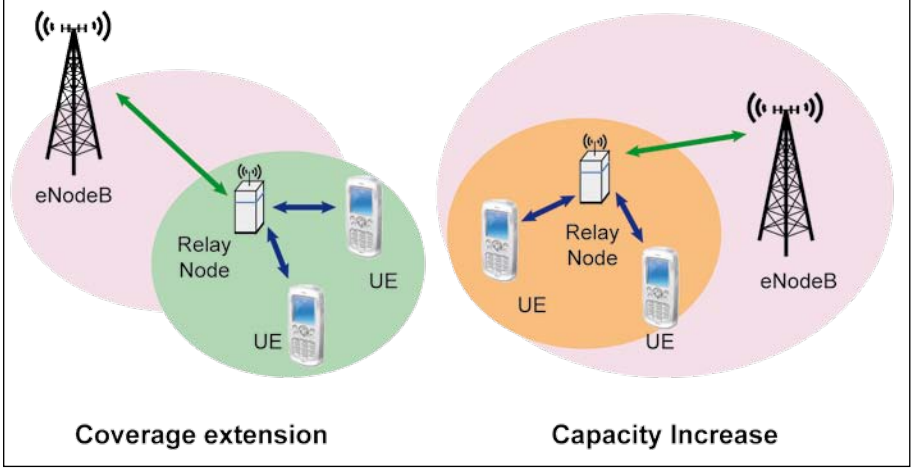
$$P_{NET} = \sum_{i \in RATs} N_i \cdot (P_{i,MIN} + L_i \cdot \cdot (P_{i,MAX} - P_{i,MIN})) \quad (3)$$

dove N_i indica il numero di siti o celle di diverso RAT e tipo nella rete e può essere derivato dalla richiesta di capacità (traffico offerto) e dai vincoli sulle capability dei terminali, mentre $0 \leq L_i \leq 1$ indica la percentuale di carico, in uno scenario dove il traffico è distribuito in modo uniforme.
In particolare, per determinare il numero di celle necessarie a soddisfare la domanda di carico di picco, ci si è basati sulle capacità di picco di sito per le varie tecnologie e per le varie configurazioni prese in esame (vedi [16]).
Provando ad utilizzare questo modello con degli esempi numerici descritti in [16], alcune conclusioni preliminari possono essere tratte. Dal momento che l'ipotesi di distribuzione del carico totale della rete fra i diversi RAT costituisce la componente principale dell'analisi, i diversi mix di celle e RAT hanno un impatto significativo nello sviluppo di una rete efficiente dal punto di vista energetico e nel determinare possibili azioni che ne aumentino l'efficienza una volta che questa sia stata messa in campo. Oltre ad una buona definizione dei modelli di potenza, una precisa conoscenza della distribuzione e trend dei diversi tipi di terminali presenti in rete diventa molto importante dal momento che le disponibilità di terminali comportano dei vincoli sulla distribuzione del carico. Infine, l'analisi mostra che la *co-location* fra diversi RAT può avere un impatto sul consumo energetico totale di una rete, dal momento che il consumo energetico di alcuni componenti (ad esempio quelli legati al cooling e al power supply) può essere suddiviso fra i diversi RAT presenti in uno stesso sito.

3 Case Study: il deployment dei Relay Nodes

Il concetto di relaying è da tempo noto in letteratura nell'ambito di diverse tecnologie wireless: in generale si tratta di dispositivi in grado di ricevere il segnale trasmesso in aria da una base station, per ritrasmetterlo verso i terminali. Vi sono differenti tipologie di nodi relay, dai più semplici ripetitori, a dispositivi più sofisticati e con a bordo un hardware in grado di effettuare operazioni più complesse. Soltanto recentemente i Relay Nodes sono stati introdotti nello standard 3GPP per il sistema LTE: le possibili architetture di dispiegamento sono state oggetto di studio in 3GPP, pensando ai relay come una tecnologia che offre la possibilità di estendere la copertura e la capacità del sistema (Figura 5), aumentando la flessibilità a disposizione dell'Operatore nel dispiegamento della rete e riducendone i costi [3].
Tipicamente i RN (*Relay Nodes*) offrono una copertura inferiore di quella offerta da una macro cella e quindi hanno una potenza trasmessa significativamente inferiore rispetto ai macro eNB. Per tale motivo è plausibile che i relay costruiti per coperture ridotte siano caratterizzati da un consumo inferiore e possono essere considerati come una soluzione promettente per aumentare l'efficienza energetica di una rete mobile. In pratica, nell'ottica di un deployment eterogeneo del sistema LTE, i relay possono essere visti come un particolare tipo di *low power nodes*, con la principale differenza che il backhauling viene realizzato non tramite connessioni cablate, bensì sull'interfaccia radio (e con evidenti vantaggi legati all'installazione dei relay).
In 3GPP vengono considerati differenti approcci per valutare i vantaggi dei relay in termini di capacità e copertura. Una possibile idea è dispiegare i nodi relay a bordo cella per migliorare il livello di SINR e la qualità percepita dagli utenti (vedere Figura 6). Questo studio

Figura 5 - Possibili utilizzi dei relay in reti radiomobili



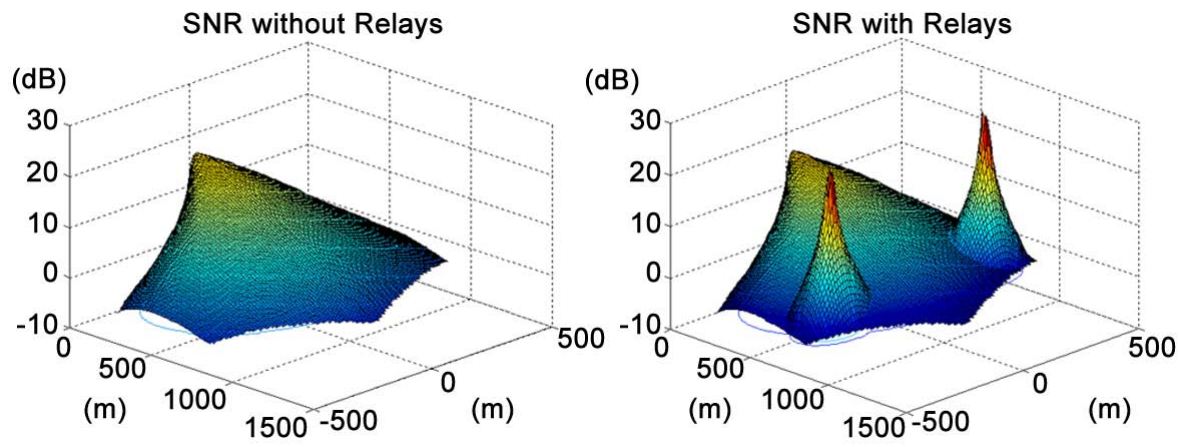


Figura 6 - Distribuzione dell'SNR con (destra) e senza Relay Nodes (sinistra)

[17] analizza non solo il vantaggio offerto dai relay in termini di capacità, ma anche la possibile riduzione nel consumo energetico che deriva dal dispiegamento di un certo numero di relay a bassa potenza rispetto ad una rete che non impiega tali nodi.
Le prestazioni della rete sono analizzate tramite un simulatore statico, prendendo in considerazione il comportamento medio del sistema e assumendo che sia presente un singolo utente per cella. Lo scenario simulato è rappresentato da una griglia esagonale con 19 siti tri-settoriali, con distanza intersito (ISD) di 1732 metri, che corrisponde al Case 3 definito per valutazioni di sistema in 3GPP [3]. Differenti dispiegamenti possono essere considerati, con un numero variabile di relay e differenti posizioni dei relay nella cella. Nella presente analisi si considerano 2 relay posizionati vicino il bordo cella. I parametri utilizzati per la simulazione seguono in generale quanto definito in [6], sebbene si assuma di considerare un canale statico.

3.1 Analisi dei risultati

Analizziamo i primi risultati delle simulazioni effettuate da Telecom Italia Lab [17], al fine di valutare le prestazioni ottenibili nel caso di deployment dei Relay Nodes in aggiunta ad un sistema contenente soltanto nodi macro; in particolare, vengono studiate due possibili varianti di relay: una trasmissione in 2 hop ed uno schema cooperativo in cui anche la base station ritrasmette durante la trasmissione dei relay Figura 7.
Tale analisi viene effettuata in due passi: dapprima si analizza l'efficienza energetica di tali schemi concentrandosi sulla potenza irradiata a radio frequenza (P_{RF}) ed in condizioni di massimo carico; successivamente vengono analizzate le performances energetiche della rete, considerando la potenza consumata dal sistema eNB + RN e differenti livelli di carico da smaltire nella rete, al fine di allineare le valutazioni al framework E3F elaborato dal progetto EARTH.

3.1.1 *Analisi dei relay dal punto di vista della potenza RF irradiata*

In 3GPP sono stati presentati differenti contributi contenenti valutazioni della capacità di Shannon [7][8][10][11] dove si considera uno schema a 2 hop half-duplex (Figura 7), oppure schemi avanzati cooperativi multi cast. Mentre nel primo schema (2-hop) si ha una trasmissione a multiplazione di tempo dei pacchetti dati (intervalli di durata T_1 e T_2), nel secondo schema (multicast cooperativo) si ha una prima fase (di durata T_1), in cui la BS trasmette al terminale UE sul link diretto e al nodo relay sul link di backhauling, ed una seconda fase (di durata T_2), dove il nodo relay trasmette al terminale in parallelo alla trasmissione diretta tra la BS e il terminale attraverso il link di accesso (Figura 7). In tal senso la cooperazione sfrutta la diversità spaziale al ricevitore del terminale.
Come si può vedere dalla Figura 7, l'aggiunta di due relay può migliorare il SINR nell'area vicino ai RN, aumentando la capacità in questi punti, come evidenziato in Figura 7a, dove è riportato il miglioramento di capacità per lo schema con 2 hop e quello multi cast cooperativo.
Oltre al calcolo della capacità è possibile fare valutazioni di efficienza energetica del sistema (Figura 7b): effettuando il calcolo del rate effettivo di sistema R_{eff} nei due schemi di relaying considerati e della potenza irradiata P_{eff} (somma delle potenze a RF emesse dalla base station e dal relay), è possibile analizzare per ogni punto P(x,y) dell'area di copertura le seguenti metriche (vedere distribuzioni in

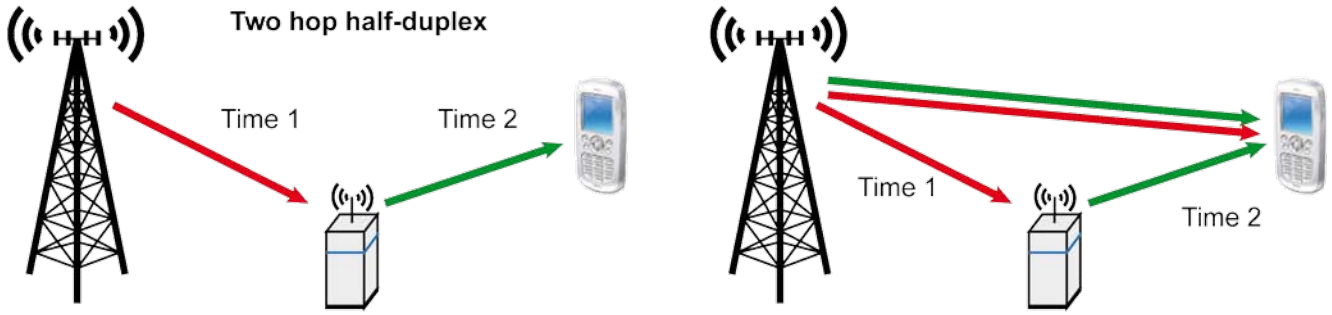


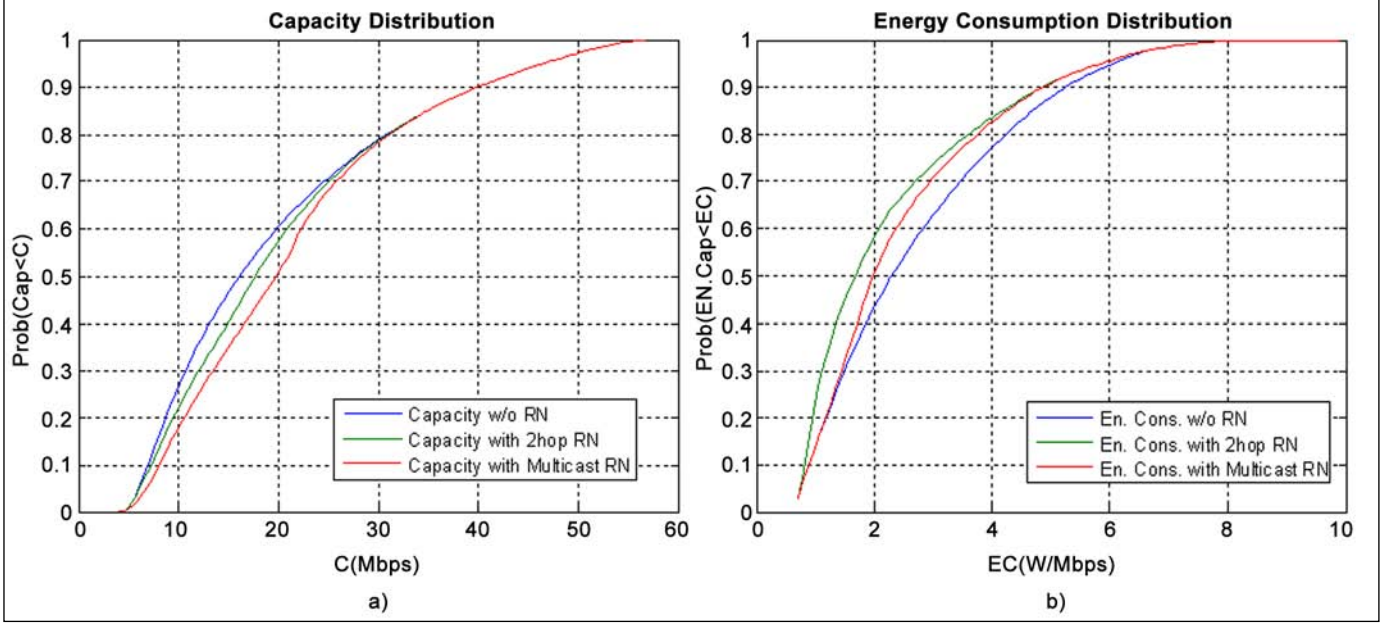
Figura 7 - Possibili schemi di utilizzo dei relay: a 2 hop (sinistra) e multicast cooperativo (destra)

Figura 8b), espresse come rapporto tra potenza trasmessa e capacità smaltita ([W/Mbps]):

$$\eta\big|_{2\text{-}hop} = \frac{P_{eff}}{R_{eff}}\Big|_{2\text{-}hop}; \qquad \eta\big|_{m\text{-}coop} = \frac{P_{eff}}{R_{eff}}\Big|_{m\text{-}coop} \quad (4)$$

definite in EARTH come indicatori di consumo energetico ECI (*Energy Consumption Index*)[3].
In base ai risultati simulativi riportati in Figura 8 si possono trarre alcune considerazioni in merito alle due varianti di dispiegamento dei 2 RN: se da un lato lo schema multicast cooperative è in grado di offrire un leggero miglioramento in termini di capacità (Figura 8a), lo schema a 2 hop è invece più efficiente dal punto di vista energetico, come mostrato in Figura 8b. In particolare, dalle distribuzioni riportate in Figura 8b si vede che nello scenario simulato lo schema a 2 hop permette di ottenere un risparmio energetico medio di circa 15.6% rispetto al caso senza relay, mentre con lo schema multi cast cooperativo il risparmio energetico è circa 8.5%. Il miglioramento in efficienza energetica è dovuto soprattutto al miglioramento in capacità per entrambi gli schemi analizzati. In ogni caso questo miglioramento è ottenuto grazie alla potenza trasmessa dal relay e il valore di energia per bit dipende anche da come questa potenza sia utilizzata nei 2 schemi. Nello schema a 2 hop la trasmissione è effettuata in 2 passi: durante la prima trasmissione dalla BS al relay, viene utilizzata solo la potenza trasmessa dalla BS, il link è in generale in buone condizioni radio e quindi è possibile ottenere un elevato valore di capacità; durante il secondo passo la trasmissione è effettuata dal relay al terminale e la potenza emessa dal relay è utilizzata,

Figura 8 - Distribuzione della capacità (sinistra) e del consumo energetico (destra)



3 Si noti come tali indicatori sono in linea di principio assolutamente equivalenti a metriche di efficienza energetica espresse dualmente in termini di throughput su potenza trasmessa, [Mbps/W].

comportando una complessiva riduzione energetica. Nello schema multi cast cooperativo il miglioramento nel consumo energetico è dovuto unicamente all'elevata capacità che può essere offerta da questo schema, poiché la potenza complessiva trasmessa è più elevata rispetto allo scenario senza relay (infatti la BS trasmette per tutto il tempo e solo per una frazione di tempo una potenza aggiuntiva è consumata anche dal relay). Per questa ragione l'efficienza energetica complessiva è più bassa se comparata allo schema con 2 hop, anche se risulta migliore da un punto di vista della capacità.

3.1.2 *Efficienza energetica e potenza totale consumata*

I risultati presentati nel paragrafo precedente fornisconouna prima indicazione incoraggiante sull'uso dei relay come strumento per migliorare l'efficienza energetica in una rete di telecomunicazione.
Tuttavia questi risultati sono da considerarsi esclusivamente indicativi, poiché:

1) sono stati ricavati considerando solamente il consumo dovuto alla parte ad RF dei nodi trasmissivi;
2) sono relativi alla particolare condizione di cella a pieno carico.

Per quanto riguarda la prima limitazione, bisogna sottolineare che un Node B consuma circa 1200 W per emettere a livello RF solamente 40 W. Per una corretta valutazione energetica è quindi fondamentale includere anche l'intera potenza consumata dai nodi.
Si applica quindi il seguente modello per entrambi i nodi (BS e RN):

$$P_{in,BS} = P_{0,BS} + \Delta_{P,BS} \cdot P_{out,BS}$$
$$P_{in,RN} = P_{0,RN} + \Delta_{P,RN} \cdot P_{out,RN} \quad (5)$$

dove i particolari valori di $P_{0,BS}$, $\Delta_{P,BS}$ e $P_{0,RN}$, $\Delta_{P,RN}$, dipendono dal modello di potenza di base station e relay considerati, mentre $P_{out,BS}$ e $P_{out,RN}$ rappresentano le potenze emesse ad RF.
È possibile calcolare nuovamente le metriche descritte nell'Equazione 4, dove però questa volta P_{eff} indica la potenza totale consumata dal sistema (quindi non solo la componente RF, ma anche tutte le altre componenti dei nodi durante l'esercizio). Essendo ora l'analisi non a pieno carico, si possono inoltre effettuare le seguenti osservazioni:

- nel caso "2 hop" si ha una trasmissione a divisione di tempo, ma anche quando un nodo (BS o RN) non trasmette, consuma comunque una quantità di potenza pari a P_0;
- nel caso "multi cast cooperativo" durante l'intervallo di tempo T_1 solo la base station trasmette e i relay (pur non trasmettendo dati) contribuiscono comunque con il loro livello minimo di potenza consumata; nell'intervallo T_2 entrambi i nodi contribuiranno al consumo totale di potenza.

Introducendo in questo modo i modelli di potenza di EARTH, è possibile ricavare un'indicazione del consumo energetico più realistico, che tenga conto di tutta la potenza consumata dai nodi e non solo di quella irradiata a Radio Frequenza.
Per fare ciò, si è reso necessario estendere il simulatore statico, introducendo la modellizzazione energetica elaborata dal progetto EARTH, in modo da ottenere la capacità e l'efficienza energetica al variare del carico di cella, e considerando il caso di un sistema MIMO 2x2 [12], adatto ad ipotesi di deployment dei Relay Nodes in un sistema LTE-Advanced (che utilizzerà il MIMO come tecnica per aumentare l'efficienza spettrale della rete).
La Tabella 4 mostra i principali parametri simulativi utilizzati.
Nonostante i Relay Nodes non siano ad oggi ancora dispositivi commerciali (poiché relativi a Rel.10 e successive dello standard 3GPP LTE), nel presente studio si è deciso di analiz-

Parametro	Valore
System	LTE FDD (10MHz + 10MHz), 2,1 GHz
Deployment	Hexagonal layout with 3 sectors per site
ISD (inter-site distance)	500m (dense urban, urban) 1732 m (suburban, rural)
Antenna System	2x2 MIMO
TX Power	Macro site (eNB) = 46 dBm (40W); Relay Node: 30 dBm (dense urban, urban, suburban), 37 dBm (rurall)
Propagation model	Path Loss, Shadowing; Fading taken into account with MIMO ergodic capacity
MIMO channel	Low spatial correlation
Area type	Outdoor
User distribution	Single user, random with uniform probability
Traffic model	Full buffer when scheduled

Tabella 4 - Parametri simulativi per l'analisi EE dell'uso dei Relay Nodes

zare le prestazioni del sistema, derivando differenti modelli di potenza plausibili per tali nodi (Tabella 5): in particolare, un modello di "Relay SOTA", ricavato partendo da quello di un nodo di tipo micro (il cui livello di emissione ad RF è di poco distante da quello di un relay node in scenari rurali), e scalando l'intero modello in modo proporzionale alla potenza RF di picco; un modello di potenza "Relay Advanced" e uno analogo ("Macro Advanced") per il DeNB, ipotizzando di adottare dispositivi più performanti. Conviene notare a questo proposito che i modelli di potenza adottati sono preliminari e servono per osservare il comportamento al variare del modello di potenza.

Le prime analisi simulative effettuate in condizioni di *high traffic profile* EARTH definisce un high traffic profile con valori di picco 120 Mbps/km^2 in ambiente urbano denso, corrispondente a 68 GB/mese/utente e sufficiente a fornire un traffico di tipo HDTV simultaneamente per tutti gli utenti attivi) consentono di visualizzare l'andamento giornaliero del throughput di cella (Figura 9, parte (a)): in corrispondenza delle prime ore del mattino l'efficienza energetica del sistema è notevolmente bassa (vedere l'indicatore di consumo ECI in Figura 9, parte (b), espresso in [W/Mbps]). Tali periodi della giornata sono infatti relativi a condizioni di traffico in cui i Relay Nodes sono sotto-utilizzati, in quanto essenzialmente "scarichi". Nella Figura 9, parte (c) viene infine indicato il guadagno in termini di ECI ottenuto mediando sull'intero profilo giornaliero; in particolare la media temporale risente pesantemente dei periodi della giornata in cui la rete è scarica, e questo maggiormente per ambienti di tipo rurale, che costituiscono anche una porzione considerevole dell'area di deployment di rete.

Ne consegue come il deployment dei Relay Nodes (o in generale dei low power nodes) debba essere preso in considerazione in funzione dell'effettiva richiesta di capacità del sistema, proprio in virtù dei costi operativi che tali nodi comportano se dispiegati in rete. In virtù di queste considerazioni, un possibile sviluppo delle presenti valutazioni consiste nell'analisi di scenari, in cui la distribuzione di traffico nell'area di copertura della cella non sia uniforme, ma abbia un hot spot (in corrispondenza del quale si vanno appunto a dispiegare i Relay Nodes): in queste condizioni probabilmente si potranno apprezzare i maggiori benefici sia in termini di capacità e QoS, che di efficienza energetica del sistema (in quanto l'utilizzo dei Relay Nodes in questi casi è più intensivo).

I risultati di Figura 9, (parte (c)) mostrano inoltre come sia di particolare rilevanza l'impatto dei modelli di potenza sulle prestazioni energetiche del sistema: infatti sono state analizzate per ciascun schema di relaying (2 hop e multicast cooperativo) differenti ipotesi di deployment (corrispondenti alle relative combinazioni di modelli di potenza considerati per DeNB e RN). I risultati delle simulazioni effettuate evidenziano una maggiore efficienza energetica dello schema 2 hop e un potenziale guadagno del 6.3% (corrispondente al 41.5% di guadagno nella sola area coperta dai Relay Nodes) per alti valori di traffico e con modelli di potenza performanti, sia per DeNB che per RN. Tale guadagno sale al 13.2%, (corrispondente al 68.8% di guadagno nella sola area coperta dai Relay Nodes) se si considera anche per il DeNB un modello di potenza performante ("Macro Advanced" in Tabella 5). Nel caso dei relay cooperativi considerati, nonostante apportino un guadagno in termini di capacità il loro funzionamento si è invece rivelato energeticamente inefficiente; è quindi plausibile che una loro implementazione a livello commerciale avvenga successivamente.

LTE BS type	P_{MAX} (W)	P_0 (W)	ΔP
Relay SOTA	5 or 1	84,13	6,35
Macro Advanced	40	156,38	28,4
Relay Advanced	5 or 1	13,91	20,4

Tabella 5 - Parametri dei modelli di potenza considerati da TILab

Conclusioni

Il progetto EARTH analizza la rete dell'operatore radio mobile sulla base dell'efficienza energetica, aspetto finora mai considerato dalla letteratura, che invece si è sempre soffermata su valutazioni di capacità e di soddisfazione della QoS (Quality of Service) per la clientela. L'analisi di prestazioni energetiche non prescinde da tali valutazioni, ma le estende, aggiungendo un vincolo in più (quello di minimizzazione dei consumi): tale obiettivo si rende infatti necessario proprio nell'ottica di riduzione dei costi operativi della rete mobile, che sono ad oggi significativi e rischiano di aumentare a causa della crescente domanda di traffico dei prossimi anni .

Le analisi esposte nel presente articolo sono state condotte da Telecom Italia nella prima fase del progetto EARTH nell'ambito del task 3.1 (Deployment Strategies) e si sono concentrate su due principali aspetti[4]: l'evoluzione della rete LTE e dei sistemi legacy (2G/3G) e il dispiegamento dei Relay Nodes.

4 I risultati esposti nel presente articolo sono stati prodotti da Telecom Italia nell'ambito del progetto EARTH (Energy Aware Radio and neTworking tecHnologies), parzialmente finanziato dalla Commissione Europea (project FP7-ICT-2009-4-247733-EARTH).

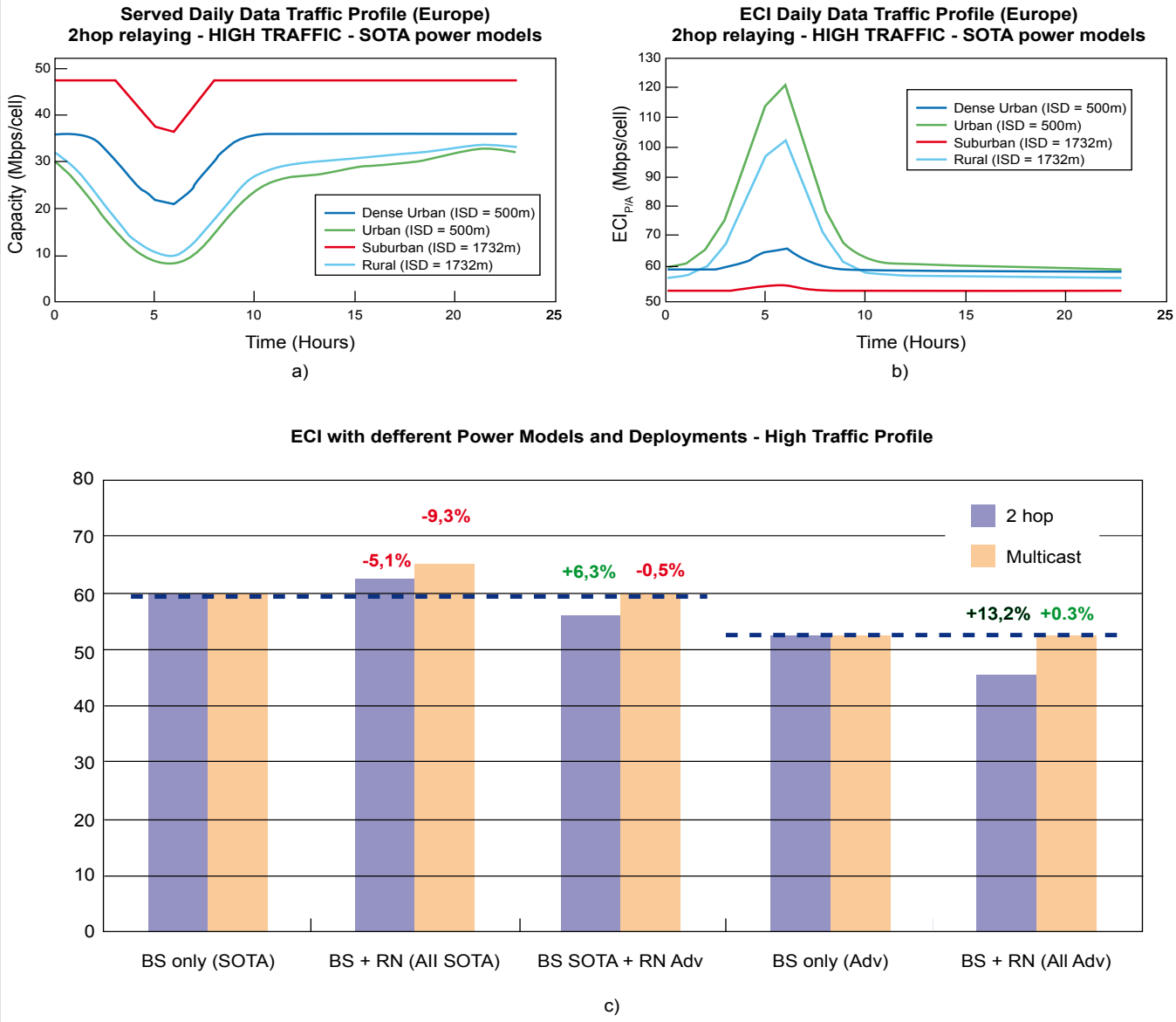


Figura 9 - (a) Andamento giornaliero della capacità smaltita ([Mbps/cell]) nell'area coperta dal sistema (DeNB + 2 RN) in diversi scenari di deployment (schema 2 hop relaying); (b) Andamento giornaliero dell'indicatore ECI (Energy Consumption Index, energia spesa per bit) in diversi scenari di deployment ([W/Mbps]). (c) Guadagni relativi in termini di ECI ([W/Mbps]) rispetto al deployment macro senza relay (casi 2 hop e multicast, con differenti power models per DeNB e RN).

Per quest'ultima attività le simulazioni effettuate da Telecom Italia Lab [17] hanno evidenziato una maggiore efficienza energetica dello schema "2 hop" (relay di Type 1) rispetto ai relay cooperativi (Type 2). Negli scenari considerati, mentre tali nodi possono fornire dei benefici in termini di capacità, il guadagno in termini di energy saving si può ottenere soltanto per alti valori di traffico e con modelli di potenza performanti.

Tuttavia bisogna considerare che le analisi sono state condotte supponendo una domanda di traffico omogeneo nell'intera area di copertura (condizione che costituisce il "worst case" in termini di prestazioni): tra gli sviluppi futuri del progetto vi è infatti quello di considerare un hot-spot di traffico, in corrispondenza del quale vengano dispiegati i Relay Nodes, al fine di servire tale addizionale domanda di traffico.

Altro aspetto da considerare nel progetto sarà la definizione di opportuni modelli di potenza realistici pei i relay e il loro impatto sull'efficienza energetica del sistema.
L'obiettivo finale del progetto è infatti quello di definire il cosiddetto "EARTH system" nel quale, tra tutte le innovazioni prodotte, vengono selezionate ed integrate insieme quelle più promettenti ed in grado di contribuire alla massimizzazione dei guadagni in termini di efficienza energetica ■

giorgio.calochira@telecomitalia.it
roberto.fantini@telecomitalia.it
dario.sabella@telecomitalia.it

Acronimi

AWGN: Additive White Gaussian Noise
BCCH: Broadcast Control Channel
BF Beam Forming
CAGR: Compound annual growth rate
DeNB: Donor eNB
eNB: evolved NodeB
FDD: Frequency Division Duplex
MIMO: Multiple Input Multiple Output
OFDMA: Orthogonal Frequency Division Multiple Access
QoS: Quality of Service
RAN: Radio Access Network
SISO: Single Input Single Output
SNR: Signal to Noise Ratio
UMTS: Universal Mobile Telecommunications System
VoIP: Voice over IP

Bibliografia

[1] Sito internet del progetto EARTH: https://www.ict-earth.eu.
[2] Nota del progetto EARTH sul sito internet di Telecom Italia: http://www.telecomitalia.com/tit/it/corporate/innovation/hot_topics/international_projects/earth_per_ottimizzarelefficienzaenergeticadeisistemimobilidicomu.html .
[3] 3GPP TR 36.814 v9.0.0, "Further advancements for E-UTRA. Physical layer aspects (Release 9)," 3GPP, Technical Specification Group Radio Access Network, Mar. 2010.
[4] WINNER II, "D6.13.7: Test Scenarios and Calibration Cases Issues 2", Deliverable, IST-4-027756, December 2006.
[5] International Telecommunication Union, Report ITU-R M.2134, "Requirements related to technical performance for IMT-Advanced radio interface(s)", 2008, http://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/RREP-M.2134-2008-PDF-E.pdf .
[6] EARTH project deliverable, D2.2 "Definition and Parameterization of Reference Systems and Scenarios", 2010.
[7] R1-083205 Application of L2 Relay in an Interference Limited Environment for LTE-A, 3GPP RAN1.
[8] R1-091423 Comparison of Type 1 Relay and L2 Cooperative Relay.
[9] EARTH project deliverable, D2.3 "Energy Efficiency Analysis of the Reference Systems, Areas of Improvements and Target Breakdown", 2010.
[10] R1-090073 A system simulation study of downlink L2 relay network.
[11] R1-100353 Comparing In-band vs. Out-band Relays in coverage limited scenario.
[12] G.J. Foschini and M.J. Gans, "On Limits of Wireless Communications in a Fading Environment when Using Multiple Antennas", Wireless Personal Communications 6: 311–335, 1998.
[13] O. Arnold, F. Richter, G. Fettweis, and O. Blume, "Power consumption modeling of different base station types in heterogeneous cellular networks," in Proc. of 19th Future Network & Mobile Summit 2010, Florence, Italy, June 2010.

[14] Jaana Laiho et al., "Radio Network Planning and Optimisation for UMTS", Whiley, 2002.
[15] Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2009–2014; White paper 2010.
[16] EARTH project deliverable, D3.1 "Most promising tracks of green network technologies".
[17] R. Fantini, D. Sabella, "Overview and analysis of relaying techniques for LTE-Advanced networks". Telecom Italia internal report, TNTLAMWI1000102.

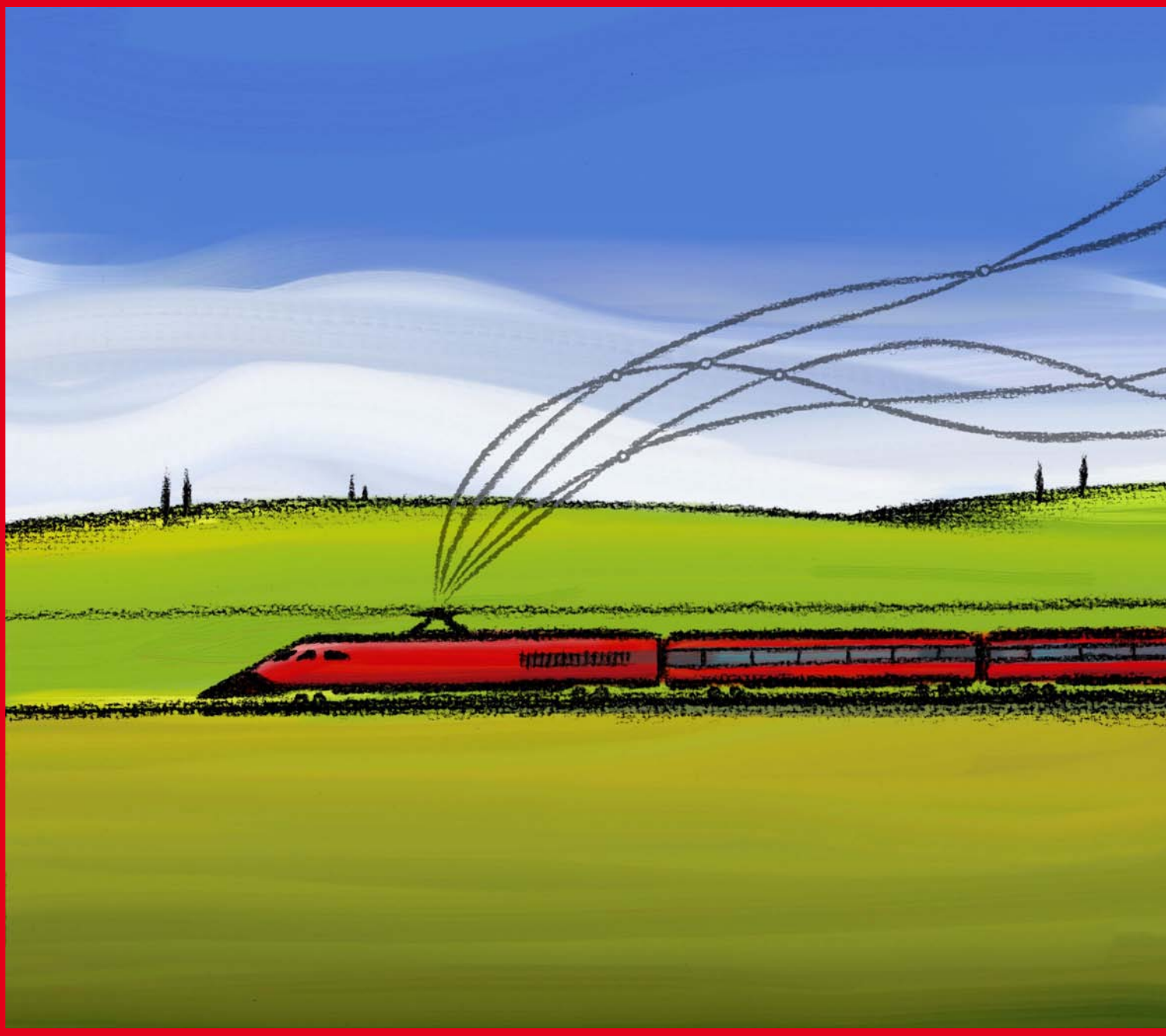
Giorgio Calochira
Informatico, dal 1996 lavora in Telecom Italia, dove si occupa di pianificazione e ottimizzazione di reti radiomobili. Inizialmente ha operato nell'ambito delle reti 2G, implementando i tool corrispondenti e collaborando alla realizzazione di funzionalità di ottimizzazione rete. Successivamente ha lavorato nell'ambito della pianificazione di reti d'accesso indoor, seguendo lo sviluppo degli strumenti per i sistemi 2G, 3G e WLAN. Dal 2010 collabora al progetto EARTH.

Roberto Fantini
Ingegnere delle telecomunicazioni, è entrato in Azienda nel 2002 per occuparsi inizialmente dello sviluppo di prototipi di terminali mobili UMTS e della valutazione delle prestazioni della tratta radio UMTS. Dal 2006 segue l'evoluzione dello standard 3GPP, occupandosi di HSDPA, HSUPA e HSPA+ sia sviluppando piattaforme simulative per la valutazione delle prestazioni di tali tecnologie, sia partecipando a trial tecnologici. Dal 2010 partecipa a due progetti del VII programma quadro della UE, ARTIST4G ed EARTH, studiando le potenzialità dei Relay Nodes in ambito LTE-Advanced, sia da un punto di vista prestazionale che energetico. È autore di brevetti di signal processing e di articoli pubblicati in conferenze.

Dario Sabella
Ingegnere Elettronico con Master Corep, entra in Telecom Italia nel 2001 dove prende parte alla progettazione di SIM Card prototipali e servizi innovativi (tra cui la prima realizzazione di Smart Card Web Server), per poi occuparsi dell'analisi delle prestazioni delle tecnologie OFDMA (WiMAX, LTE) e prendere parte a sperimentazioni e trial tecnologici in Italia e all'estero (TIM Brasil). Attualmente è coinvolto in progetti europei, tra cui ARTIST4G e EARTH, del quale cura lo svolgimento delle attività tecniche, ed in progetti di ricerca per lo studio delle prestazioni delle tecnologie OFDMA multi antenna (in particolare LTE e LTE-Advanced). È autore di diverse pubblicazioni e brevetti internazionali nel campo della gestione delle risorse radio, della QoS, packet scheduling e dell'efficienza energetica.

NAVIGARE A 300 KM/H SUI TRENI FRECCIAROSSA

Emanuele Chiusaroli, Luca D'Antonio, Alberto Maria Langellotti



Il treno Frecciarossa da Roma a Torino è appena partito; seduto al proprio posto, un passeggero apre il laptop, inserisce la chiavetta TIM e comincia a controllare la posta; un altro invece sta leggendo la pagina di un quotidiano, collegato in WiFi dal suo iPad, mentre un terzo ascolta una Internet radio in streaming audio.
Dal dicembre 2010 questa è la realtà che i passeggeri dei cinquantanove treni Alta Velocità Frecciarossa di Trenitalia possono sperimentare durante i loro viaggi.
Grazie alla collaborazione tra Telecom Italia e Ferrovie dello Stato, che risale al 2009, lo scorso anno è stato avviato il progetto per la realizzazione di connessioni Internet ad alta velocità, sia con accesso da dispositivi personali UMTS/HSPA sia tramite WiFi, a bordo dei treni Frecciarossa.
In questo articolo ne ripercorriamo le tappe principali.

1 Le sfide del progetto

I punti salienti del progetto "IbT – Internet a bordo Treno", altrimenti noto come "progetto TAV", erano i seguenti:

- il requisito di FS era che i passeggeri potessero usufruire del collegamento Internet tramite un accesso WiFi. Per poter realizzare la raccolta di questo traffico dal treno in movimento, si è deciso di utilizzare la rete radiomobile UMTS/HSPA;
- lungo le tratte AV Torino-Milano-Bologna-Firenze-Roma-Napoli la copertura mobile presentava ancora alcuni "buchi", specie nelle 84 gallerie, prive di segnale UMTS (presente solo il GSM);
- le carrozze dei Frecciarossa attenuano molto il segnale proveniente dall'esterno (circa 20 dB);
- l'alta velocità dei treni poneva inoltre problemi all'affidabilità del collegamento radio: l'effetto Doppler e l'estrema rapidità con cui deve essere effettuata la procedura di hand-over tra le celle[1].

Di conseguenza, si è scelto di sviluppare il progetto lungo quattro macro-aree:

1) ottimizzazione della copertura UMTS lungo le linee AV;
2) estensione del segnale UMTS nelle 84 gallerie, tramite l'installazione di ripetitori radio e remotizzatori in fibra ottica;
3) rafforzamento del segnale UMTS all'interno delle carrozze dei treni Frecciarossa, con l'allestimento di ripetitori a bordo treno (*In-train repeater*);
4) creazione di hot spot WiFi di carrozza, installando per ognuna di queste uno o due Access Point collegati a un router/modem 3G per permettere la raccolta del traffico tramite la rete mobile UMTS.

Linea	Lunghezza (km)	Aperto	Gallerie
Torino Novara Milano	125	12,5	3,5
Milano Bologna	182	177	5
Bologna Firenze	79	5	74
Firenze Roma	255	184	71
Roma Napoli	205	170	35
Totale	846	666	180

1 L'hand-over è il passaggio della connessione attiva tra una cella e l'altra della rete mobile, conseguente allo spostamento dell'utente. Chiaramente all'aumentare della velocità, questa procedura deve essere effettuata sempre più rapidamente, e a 300 km/h si approcciano i limiti teorici di sistema.

2 Ottimizzazione della copertura UMTS lungo le linee AV

La rete UMTS TIM, il cui lancio commerciale risale al 2004, si è sviluppata nel corso di questi anni seguendo le direttrici del traffico radiomobile. È quindi stata potenziata prima nei centri urbani e nelle località di vacanza, e poi lungo le vie di comunicazione.
A febbraio 2010 la situazione della copertura esterna UMTS delle linee AV risultava essere pari al 90% sulla linea Torino-Milano-Bologna mentre era assente nel resto della tratta fino a Napoli.
L'installazione dell'in-train repeater è stata però vincente.
La progettazione della copertura mobile, infatti, deve soddisfare essenzialmente un requisito: assicurare che il livello di segnale sia sufficiente per il servizio, lì dove questo è richiesto. Nel caso dei treni questo significa ovviamente all'interno delle carrozze; quindi, il livello di segnale all'esterno delle carrozze – cioè lungo la linea ferroviaria – deve tenere conto dell'attenuazione introdotta dalla carrozza ed essere più alto di quanto serva all'interno, di una quantità proprio pari all'attenuazione. Ad esempio, se la carrozza ha un'attenuazione pari a 3dB - cioè dimezza il segnale - è necessario progettare la copertura in modo che all'esterno il segnale sia il doppio di quanto serva all'interno. Nel caso delle carrozze del Frecciarossa l'attenuazione è pari a circa 20dB, e quindi il segnale deve essere di circa 100 volte più alto, rendendo di conseguenza necessario un numero di siti molto più elevato.
Questo è uno dei vincoli principali alla progettazione della copertura mobile per i servizi ferroviari.
Con l'introduzione del ripetitore a bordo treno (vedi capitolo 4) questo vincolo viene superato, in quanto il segnale è prelevato all'esterno della carrozza e riportato all'interno; in questo modo si "by-passa" l'attenuazione introdotta dalla carrozza e si può progettare la copertura con un livello di segnale paragonabile a quello della rete mobile tradizionale.
Con queste considerazioni, si è determinato il livello di campo "target" da fornire ai progettisti radio per individuare i siti necessari all'ottimizzazione del servizio dati 3G nella tratta Torino-Napoli, .
A seguito di questa analisi, sono stati definiti 57 siti necessari al completamento della copertura.
Alcuni di questi siti potevano contare su un'infrastruttura già presente, perché coincidenti con siti GSM già presenti, ma la maggior parte doveva essere realizzata ex-novo. Nel caso della TAV, inoltre, si è presentata una criticità ulteriore, poiché la linea ferroviaria corre lungo aree scarsamente infrastrutturate, con difficoltà per gli allacci dell'energia elettrica e per la consegna dei flussi trasmissivi.
Tuttavia, grazie a uno sforzo eccezionale, tutti i 57 siti sono stati realizzati in meno di 9 mesi.

3 Estensione del segnale UMTS in galleria

Come si può leggere in Tabella 1, una parte considerevole delle linee AV corre nelle 84 gallerie del percorso, e in particolare la Bologna-Firenze pare un unico tunnel.
Si è quindi scelto di allestire le gallerie con un sistema di estensione del segnale UMTS all'interno.
Le gallerie, in particolare quelle ferroviarie AV, sono uno degli ambienti più ostili a una "sana" propagazione delle onde radio, in quanto il segnale si trova ad affrontare un siluro metallico - il treno - lanciato ad alta velocità in un condotto anch'esso (quasi del tutto) metallico – cioè la galleria. Nel caso poi delle gallerie TAV un'ulteriore difficoltà era legata all'impossibilità di usare la soluzione più consolidata per la copertura di questo tipo di ambiente: il cavo fessurato.
Per portare il segnale radio all'interno delle gallerie, infatti, si utilizza solitamente un particolare elemento radiante, formato da un cavo che corre lungo la volta della galleria e che presenta, a intervalli determinati in funzione della lunghezza d'onda del segnale da irradiare, delle fessure che si comportano come tante piccole antenne. In questo modo si realizza una struttura di irradiamento "distribuita", differente da quelle "puntuali" tipiche delle installazioni con antenne tradizionali.
L'irradiamento distribuito consente di minimizzare uno dei principali problemi legati alla trasmissione di un segnale radio verso un ricevitore, che si muove ad alta velocità in prossimità del punto di trasmissione: l'effetto Doppler (Figura 1).
Purtroppo, per una sfortunata combinazione di vincoli installativi (il cavo fessurato installato nelle gallerie TAV da RFI è adatto alla trasmissione del solo segnale GSM) e temporali (disinstallare il cavo già presente e installarne uno nuovo avrebbe richiesto troppo tempo) non è stato possibile utilizzare questa soluzione.
Si è così entrati nel campo dell'innovazione: progettare un sistema di estensione del segnale in galleria che utilizzi antenne "classiche", per portare il segnale UMTS ad un treno che passa a 300 km/h ad una distanza dall'antenna di circa 4-5 m.
Per far ciò per prima cosa si è quindi cercato di caratterizzare il canale radio, cioè individuare un modello ma-

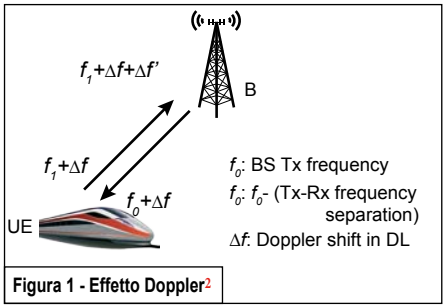


Figura 1 - Effetto Doppler[2]

2 L'effetto Doppler è un cambiamento apparente della frequenza o della lunghezza d'onda di un'onda percepita da un osservatore che si trova in movimento rispetto alla sorgente delle onde.

tematico che descriva con sufficiente precisione quale sia il comportamento del segnale in queste condizioni. Il risultato è il modello "MARTE 2010 Tunnel 3D" (v. box "*MARTE 2010 tunnel 3D: modello di propagazione per la previsione di copertura in galleria*"), modello che è stato poi verificato con misure effettuate nelle prime gallerie "pilota", quelle di Rondissone (in Piemonte, sulla tratta TO-MI), di Vaglia (sul versante toscano della BO-FI) e di Orte (nel tratto laziale della FI-RM), con risultati incoraggianti.

Una volta identificato il modello di propagazione in galleria nelle condizioni illustrate, si è potuto procedere alla progettazione vera e propria, che ha prodotto per ogni galleria:

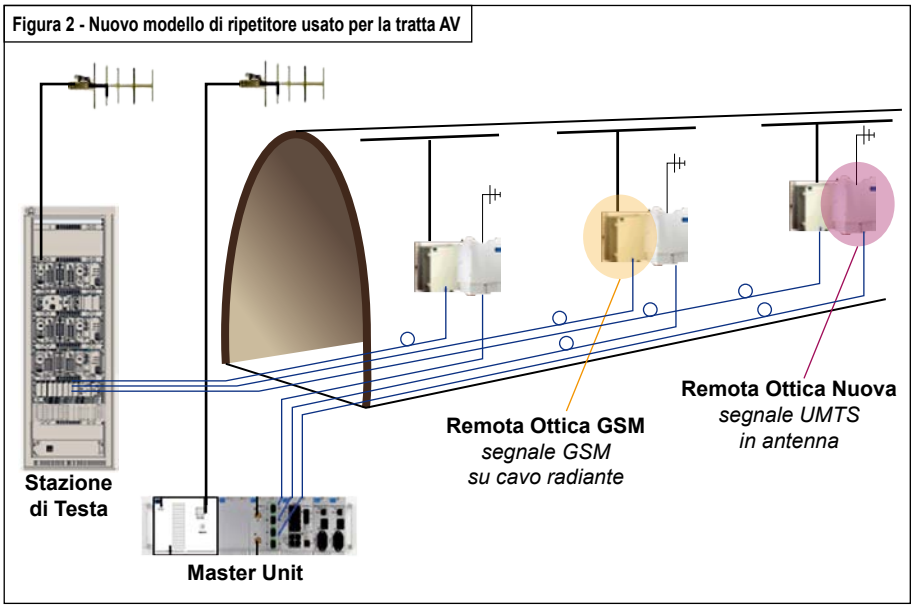
- l'individuazione del tipo di ripetitore necessario (ripetitore radio, con antenna all'imbocco oppure remotizzazione in fibra ottica, con testate radio e antenne in galleria, figura 2);
- la corretta interdistanza tra le antenne in galleria, nel caso di remotizzazione in fibra... Questo è un punto estremamente delicato, poiché se le antenne sono troppo vicine la sovrapposizione dei segnali prodotti da antenne adiacenti – che in ambiente aperto produce un effetto positivo – a causa dell'effetto Doppler avrebbe creato un'interferenza e quindi un peggioramento delle prestazioni. Viceversa, se le antenne sono troppo lontane, si creano dei "buchi" di segnale tra di esse (v. box "*Analisi del posizionamento dei ripetitori in galleria*").

Per la realizzazione degli impianti di ripetizione si è dovuto anche affrontare un aspetto fondamentale, anche questo legato alla natura particolare dell'ambiente ferroviario: i lavori in galleria non si possono fare durante gli orari nei quali è presente il traffico ferroviario!

Nelle linee AV questo problema si supera grazie al fatto che i treni circolano su queste linee solo in orario diurno. Quindi, pur dovendo "incastrare" le lavorazioni per i ripetitori con tutte le attività di competenza strettamente ferroviaria, quale ad esempio la manutenzione ordinaria degli impianti di segnalamento, i lavori potevano essere comunque effettuati in orario notturno.

Sulla linea Firenze-Roma, invece, il traffico ferroviario non si interrompe mai, poiché su questa linea non circolano solo treni AV, ma tutti i tipi di treni, compresi quelli a circolazione notturna.

Figura 2 - Nuovo modello di ripetitore usato per la tratta AV



Su questa linea è stato quindi fondamentale il lavoro di pianificazione delle attività in "regime di interruzione", cioè il lavoro congiunto con i compartimenti ferroviari che in determinate ore della notte deviano il traffico su linee secondarie oppure, quando questo non è possibile, riducono il traffico su un solo binario, mentre la squadra di installatori lavora sull'altro binario.

4 Il ripetitore di bordo treno

Il ripetitore di bordo treno – anche conosciuto come *In-Train Repeater* – è il sistema di ripetizione del segnale GSM/UMTS installato a bordo di ciascuna carrozza dei treni AV.

Il sistema è costituito essenzialmente da un ripetitore digitale, un'antenna a larga banda montata sull'imperiale della carrozza, e da un cavo radiante per la diffusione del segnale ai passeggeri (v. Figura 3).

L'obiettivo è quello di annullare l'effetto di attenuazione del segnale indotto dalla carrozza che determina un livello di segnale troppo basso per assicurare una qualità accettabile dei servizi dati e voce all'interno del treno.

Infatti, il progetto di copertura radio delle linee AV è stato fatto per garantire lungo il percorso un livello di segnale tale da garantire una qualità adeguata della connessione, non tenendo conto dell'attenuazione introdotta dal treno.

La soluzione alternativa, cioè quella di aumentare il livello di segnale in modo da penetrare all'interno della carrozza, e quindi aumentare il numero dei siti posti a copertura delle linee AV, avrebbe necessitato di tempi e costi molto più elevati.

Si è quindi preferito mantenere il numero di siti al valore necessario, per assicurare la sola copertura esterna, ed implementare invece a bordo un sistema che annullasse l'attenuazione introdotta dal treno.

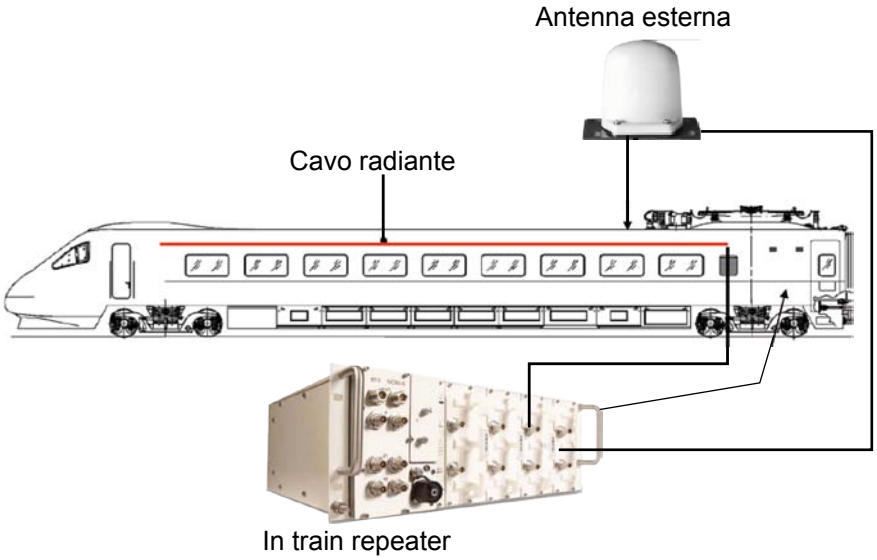


Figura 3 - Modello di In-TrianRepeater

Tale scelta è vantaggiosa anche perché rende il progetto di copertura indipendente dai diversi modelli di treno potenzialmente circolanti, che potrebbero avere livelli differenti di attenuazione.

Il cuore del sistema di bordo è dato quindi dall'*In-Train Repeater* installato in ciascuna carrozza, che consente di selezionare una o più bande UMTS e/o GSM, di amplificarle (con un guadagno regolabile indipendentemente fino ad un massimo di 80 dB) e di ritrasmetterle all'interno della carrozza mediante il cavo radiante steso longitudinalmente sul soffitto del vano passeggeri.

Il guadagno del ripetitore non serve in realtà a compensare solo l'attenuazione introdotta dalla carrozza, che è dell'ordine dei 20dB. Quella che deve essere compensata è la perdita complessiva introdotta dal sistema di diffusione del segnale, cioè dall'antenna esterna, dai cavi coassiali che collegano i componenti e, soprattutto, dall'attenuazione introdotta dal cavo radiante.

Tale attenuazione definita come *Coupling Loss*, si misura come l'attenuazione del segnale tra il cavo radiante e un ricevitore di test posizionato alla distanza di 2 m.

La perdita complessiva misurata è di circa 55 dB. Tale perdita viene completamente compensata dal guadagno introdotto dal ripetitore. In tal modo i passeggeri ricevono ai loro terminali un segnale proveniente dalla catena di ripetizione di livello pari a quello esterno e dunque sufficiente ad una buona qualità di servizio.

Il guadagno impostato sul ripetitore deve essere compreso tra il limite inferiore, dato dal valore necessario a compensare l'attenuazione, ed il limite superiore dato dal *Gain Margin*.

Il *Gain Margin* è pari alla differenza tra il valore di isolamento del sistema (attenuazione complessiva del percorso antenna-radiante-carrozza) e il guadagno del ripetitore. Tale differenza deve essere di almeno 15 dB, per garantire che non si inneschino fenomeni di auto oscillazione, dovuti al segnale amplificato che si propaga al di fuori della carrozza e viene rilevato dall'antenna esterna e quindi nuovamente amplificato.

Il ripetitore utilizzato nel progetto di copertura dei treni Frecciarossa è un ripetitore di tipo digitale che offre, oltre alle caratteristiche di base sopra indicate, anche le seguenti prestazioni, indispensabili per una corretta gestione di un ambiente ad elevata mobilità come quello dei treni Frecciarossa:

- guadagno indipendente per ciascuna banda, il che consente settaggi indipendenti per l'UMTS e il GSM di ciascun Operatore;
- controllo GPS, che consente di modificare o annullare il guadagno in determinate zone geografiche (ad esempio nelle grandi aree urbane);
- *Gain Trailing*, che permette una regolazione dinamica del guadagno in presenza di segnale di ingresso molto elevato, mantenendo così la potenza in uscita entro i limiti fissati. Anche questa funzione è indipendente per ciascun Operatore, permettendo quindi di diminuire il guadagno per l'Operatore di rete quando il treno passa vicino ad una propria stazione radio, mantenendolo invece inalterato per l'Operatore che nello stesso punto non ha siti in vicinanza;
- controllo dell'auotoscillazione, che garantisce, qualora il segnale di carrozza sia ricevuto con potenze elevata anche dall'antenna esterna, di diminuire dinamicamente il guadagno per prevenire fenomeni di instabilità del sistema.

5 Il WiFi di bordo treno

Il servizio WiFi di bordo treno si propone un duplice utilizzo: permettere l'accesso a Internet, in modo complementare al 3G, e soprattutto permettere l'accesso ai contenuti informativi e multimediali residenti su dei server a bordo treno e fruibili localmente tramite LAN o WLAN.

I requisiti che Trenitalia ha definito per il servizio WiFi sono stati:

- ciascuna carrozza deve essere indipendente dalle altre per l'accesso a internet via Wi-Fi;
- la navigazione Internet deve essere disponibile anche in assenza di una

MARTE 2010 tunnel 3D:
modello di propagazione per la previsione di copertura in galleria

Il modello di propagazione MARTE 2010 Tunnel 3D (*Microcellular Advanced Ray Tracing Engine*), sviluppato *ad hoc* per la previsione dei valori di campo in galleria, si avvale di un algoritmo completamente tridimensionale, in grado di valutare le tre componenti *Ex, Ey, Ez* del vettore campo elettrico, modellizzando gli effetti di "rotazione" che esso subisce a causa del fenomeno di riflessione sulle pareti della galleria.

Le metodologie più adatte per affrontare il problema del calcolo della copertura elettromagnetica in galleria sono le tecniche raggistiche, per la loro semplicità di approccio e per la possibilità di applicare le teorie dell'ottica geometrica. Fra le tecniche raggistiche, la modellizzazione più efficace si basa sulla tecnica del *ray-tracing*, che prende in considerazione tutti i possibili cammini elettromagnetici esistenti tra il ripetitore in galleria e l'antenna ricevente posta sulla carrozza del treno; quindi, oltre al cammino diretto, sono valutate tutte le possibili riflessioni sulle pareti della galleria. La somma vettoriale di tutte le componenti di campo, legate ai diversi cammini, determina il valore di campo previsto. Il principale pregio del *ray-tracing* è l'accuratezza della previsione di campo, che generalmente si paga con tempi di calcolo elevati: ciò, però, non accade nel caso della galleria, in quanto si valuta il campo lungo la traiettoria del treno e non su un'area estesa.

In figura A1 è rappresentata, a livello esemplificativo, la galleria mediate un parallelepipedo a sezione rettangolare e sono evidenziati tre contributi che dal ripetitore TX raggiugono l'antenna del treno RX: raggio diretto in verde, raggio riflesso su pavimento in viola e raggio a riflessione multipla soffitto-parete-parete in nero.

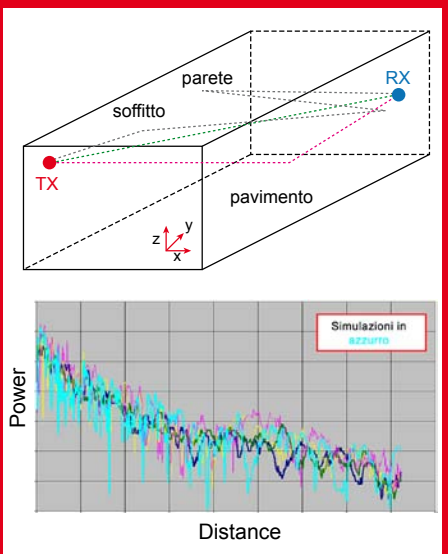


Figura A

Quando avviene una riflessione, i relativi aspetti geometrici sono governati dalla legge di Snell, che prevede l'uguaglianza fra angolo di incidenza e angolo di riflessione. Gli aspetti elettromagnetici del fenomeno, invece, sono strettamente connessi alla natura vettoriale del campo elettrico, in quanto le caratteristiche di riflessione di una superficie dipendono sia dalla natura della superficie, sia dall'orientamento del vettore del campo elettrico incidente. Tali aspetti elettromagnetici sono modellizzati per mezzo del coefficiente di riflessione di Fresnel, che ha due componenti, che si applicano alle porzioni di vettore campo parallela e ortogonale al piano di riflessione, e che sono entrambe funzioni dell'angolo di radenza e delle caratteristiche del mezzo.

Il modello MARTE 2010 Tunnel 3D prevede una serie di parametri su cui si è agito in ottica di tuning per minimizzare lo scostamento delle relative previsioni rispetto ai dati sperimentali. Le principali grandezze oggetto di tuning sono le seguenti:

- *Legge di propagazione dei singoli raggi.* L'andamento dei singoli raggi in funzione della distanza ha un esponente il cui valore ottimale è ricavato mediante tuning con dati sperimentali. Il decadimento si prevede più rapido rispetto allo spazio libero, in quanto lo spazio interno di una galleria non è assimilabile ad un spazio vuoto privo di ostacoli. Esiste, infatti, l'insieme dell'infrastruttura costituita dalla rete di alimentazione aerea e l'insieme dei vari supporti di sostegno, che, data la natura metallica dei vari elementi, presenta un notevole grado di interazione con la propagazione del singolo raggio.
- *Rugosità delle superfici di riflessione.* Il terreno, è in genere realizzato con del pietrisco, le cui dimensioni sono paragonabili alla lunghezza d'onda del segnale. Tale superficie non risulta, pertanto, liscia e il fenomeno di riflessione non è più rigorosamente speculare, ma presenta effetti di diffusione, di cui si può tenere conto, riducendo il modulo del coefficiente di riflessione di Fresnel mediante tuning con dati sperimentali.

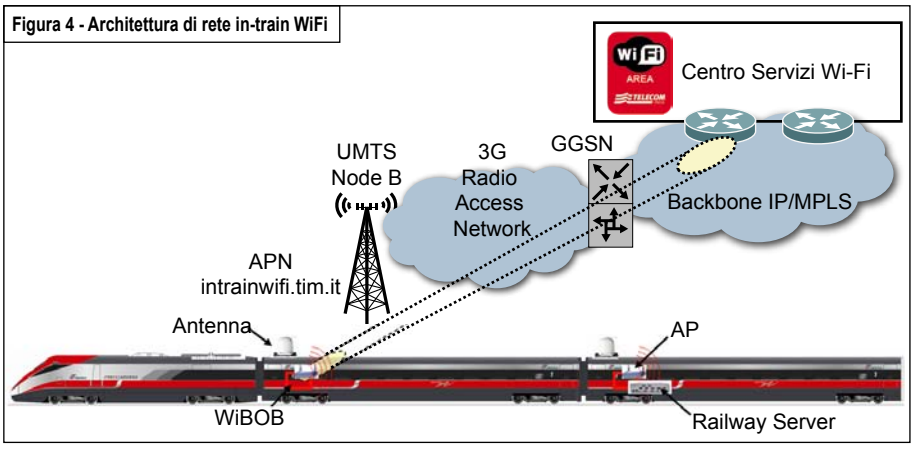
Il set ottimo di parametri è stato ricavato mediante campagne di misura effettuate in gallerie sufficientemente rappresentative della rete nazionale. Il criterio utilizzato per individuare il set ottimo di parametri si è basato sulla coerenza delle simulazioni con tutte le misure in termini di decadimento con la distanza ed entità delle oscillazioni.

roberto.lanzo@telecomitalia.it

dorsale LAN/WLAN di treno;
- i contenuti dei server di bordo treno devono essere fruibili anche in assenza della connessione a Internet;
- l'accesso a Internet e ai contenuti di bordo deve avvenire in maniera automatica e semplice;
- "plug&play coach": ogni carrozza deve poter essere agganciata ad un convoglio qualsiasi ed in una posizione qualsiasi senza necessità di riconfigurare il sistema;
- "plug&play box": ogni apparato di bordo deve poter essere installato o sostituito in ciascuna carrozza senza necessità di riconfigurare il sistema;
- "plug&play server": ogni server dei contenuti deve poter essere installato in ogni carrozza senza necessità di riconfigurare il sistema.

Per soddisfare i requisiti sopra espressi è stata ingegnerizzata la soluzione in figura 4. In ciascuna carrozza sono presenti un Access Point (AP) ed una Wi-Fi Box On Board (WiBOB): la WiBOB è una enclosure conforme agli standard ferroviari che contiene un Mobile Router (MR) ed un power injector per l'alimentazione degli AP.
Il Mobile Router è un router con un'interfaccia LAN, che raccoglie il traffico proveniente dall'AP, e un'interfaccia WAN a standard UMTS/HSPA per il collegamento di backhauling verso la rete mobile 3G. Il Mobile Router si collega alla rete 3G su un APN dedicato, "intrainwifi.tim.it", ed instaura un collegamento VPN su rete MPLS. In questo modo il traffico dei clienti viene instradato in modo sicuro verso il Centro Servizi WiFi, dove avviene la re-direzione sul portale di login e l'autenticazione dei clienti.
Inoltre in una o più carrozze è presente un Railway Server, ossia un server a specifica ferroviaria che permette l'erogazione via WiFi dei contenuti informativi e multimediali.
Sia le WiBOB che i server sono collegati ad una rete LAN o WLAN di treno che costituisce la dorsale per la fruizione dei contenuti: infatti mentre l'accesso a Internet avviene tramite l'AP e la WiBOB di ciascuna carrozza, l'accesso ai contenuti richiede il trasporto dei flussi multimediali lungo tutto il treno.
Il passeggero che oggi sale su un treno Frecciarossa, quindi, trova una rete wireless pubblica (Open) dal nome "WiFi Frecciarossa", che può utilizzare sia per accedere a Internet che al portale di bordo. Collegandosi a questa rete, viene automaticamente re-diretto sul portale di login, dove può inserire le sue credenziali, se ne è già in possesso, oppure richiederle via SMS o in Carta di Credito. Nei primi mesi del 2011 il servizio è stato fornito in promozione gratuita, mentre successivamente partirà l'offerta commerciale vera e propria.
I server di bordo treno mettono a disposizione un portfolio di contenuti informativi, anche in tempo reale, relativi al mondo Trenitalia, come ad esempio: la velocità e posizione del treno, l'orario previsto di arrivo in ciascuna stazione, ma anche il meteo nelle stazioni di transito e destinazione e così via. Per quanto riguarda invece i contenuti multimediali, Telecom Italia propone "Cubovision on board", che è una versione del servizio Cubovision personalizzata per la user experience a bordo treno.
Il progetto "Internet a bordo treno", con il nome "BOB - Broadband On Board", è arrivato in finale ai Cisco Innovation Awards che si sono svolti a Londra a Febbraio 2011 nella categoria "Most innovative Mobility / Virtual Enterprise project of the year".

Figura 4 - Architettura di rete in-train WiFi



6 I risultati

Ogni giorno circa 2.000 utenti utilizzano il servizio WiFi a bordo dei treni Frecciarossa, generando un volume di traffico di oltre 60 GB. Questo dato risente sicuramente del periodo promozionale in corso, ma fornisce un'idea significativa dell'interesse che il servizio sta riscuotendo tra i passeggeri.
Le prestazioni del servizio in termini di velocità di trasferimento dei dati sono ampiamente soddisfacenti, come si può vedere dalla Tabella 2 e anche dalla Figura 5 in cui l'istogramma blu rappresenta il throughput istantaneo, mentre la linea rossa quello medio.
Le attività di ottimizzazione sul servizio e sulla rete continuano, soprattutto per garantire la continuità e la stabilità della sessione dati.

Conclusioni

Attualmente si sta studiando la soluzione tecnica per portare il WiFi e l'UMTS anche a bordo dei treni Frec-

Analisi del posizionamento dei ripetitori in galleria

La disposizione dei ripetitori in galleria e le particolarità della propagazione in un ambiente indoor assai specifico hanno richiesto studi dedicati. Nello specifico si sono svolte attività sperimentali per valutare l'incidenza dell'effetto Doppler e delle impostazioni RRM sulle prestazioni del sistema in galleria TAV ed è stato sviluppato un nuovo modello di propagazione del segnale.

In particolare è stata svolta un'attività sperimentale per verificare la disposizione dei ripetitori utilizzando il banco di misura riportato nella Figura B1. In questo banco si simula la presenza di due ripetitori che ripetono i segnali radio provenienti dal NodeB, e il canale di propagazione tipico delle gallerie tramite il Fading Simulator in downlink. Sul terminale (UE) un programma di controllo consente di misurare i parametri del collegamento, in particolare il throughput di un download FTP richiesto al NodeB. Sul simulatore di fading sono state impostate due soluzioni architetturali, denominate "simmetrica" e "asimmetrica" (si veda la Figura B2). La configurazione simmetrica prevede in ogni ripetitore una coppia di antenne che irradiano lo stesso segnale nelle due direzioni di marcia (Figura B2 in alto); quella asimmetrica invece fa riferimento a ripetitori con una sola antenna in una sola direzione di marcia (Figura B2 in basso).

In entrambe le realizzazioni della figura B2 si è rilevato un impatto dell'effetto Doppler sul throughput complessivo, con maggiore incidenza nel caso simmetrico e al crescere della velocità simulata del ricevitore (da 30 kmh a 300 kmh) in presenza di un canale di propagazione in spazio libero. In queste misure si fa riferimento a uno scenario in cui la ripetizione del segnale è relativa a una sola cella, ovvero tutti i ripetitori irradiano lo stesso segnale radio. Lo scenario asimmetrico è risultato superiore in quanto non si realizzano cambi cella.

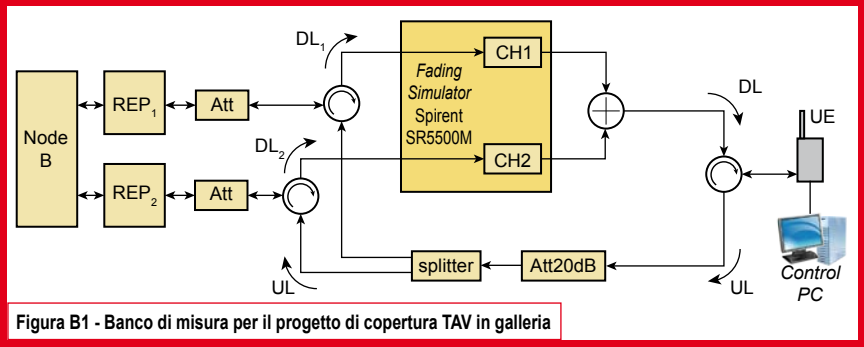


Figura B1 - Banco di misura per il progetto di copertura TAV in galleria

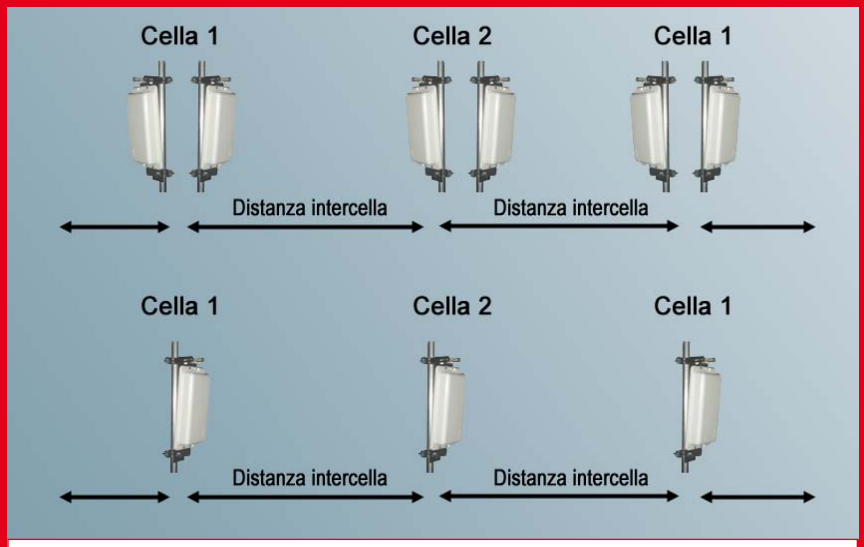


Figura B2 - grafica della configurazione di ripetitori disposti in modo simmetrico (sopra) e asimmetrico (sotto)

Per limitare ulteriormente l'effetto Doppler si sono analizzati scenari in cui ripetitori adiacenti trasmettano celle in alternanza (come rappresentato in Figura B2 dove si fa l'esempio di due celle alternate). In presenza di *HS cell-change*, lo scenario simmetrico consente l'esecuzione del cambio cella approssimativamente a metà tra un ripetitore e il successivo, e non in corrispondenza di uno di essi, come nel caso asimmetrico. In questo senso, per quanto lo scenario asimmetrico sia maggiormente resistente al Doppler, la scelta è stata orientata al caso simmetrico, valutandone le prestazioni in presenza di cambi cella molto rapidi alla velocità di 300 kmh.

In particolare, valutazioni sul banco di misura di figura B1 con diversi scenari RRM per l'ottimizzazione dell'*HS cell-change* sono state svolte sullo scenario simmetrico. La modifica dei parametri di RRM consente di ottimizzare le prestazioni del cambio cella HS con riflessi positivi sul throughput in downlink e sulla stabilità della connessione, anche in presenza di una più accurata simulazione dell'ambiente propagativo garantita dall'algoritmo sviluppato appositamente.

mauro.boldi@telecomitalia.it

Data	Tratta	Average Throughput per user (kbit/s)
14/12/2010	TO-MI	1300
11/01/2011		1556
16/11/2010	MI-BO	1005
20/01/2011		1108
28/12/2010	BO-FI	947
14/01/2011		1727
28/12/2010	FI-RM(TO)	1450
12/01/2011		1386
28/12/2010	FI-RM(LA)	1852
12/01/2011		1720
27/12/2010	RM-NA	1917
01/02/2011		2076

Tabella 2 - Velocità di trasferimento dei dati

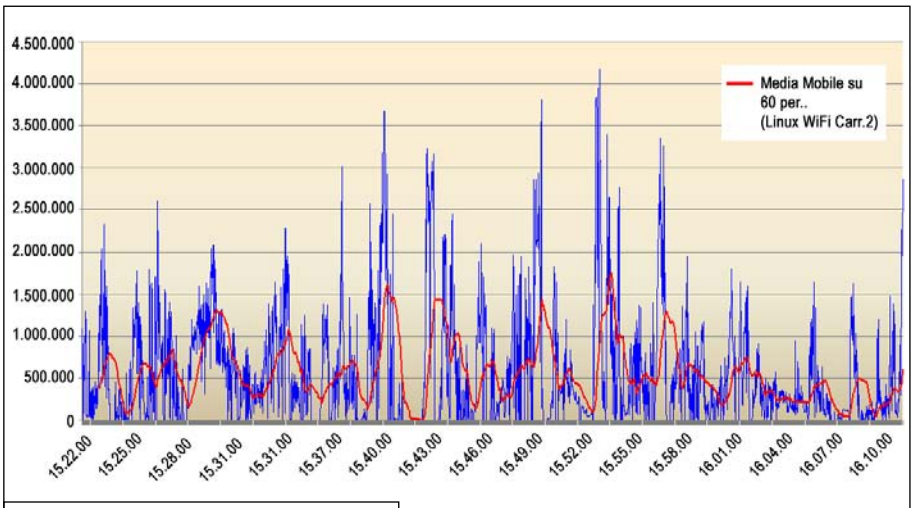


Figura 5 - Throughput WiFi misurato da un utente

ciargento, che presentano un layout delle carrozze diverso dai Frecciarossa. Inoltre, è in fase di avanzata progettazione la copertura UMTS anche per altre linee AV, in modo da estendere il servizio verso altre direttrici, quali la Napoli-Salerno e la Bologna-Padova-Venezia, per poi passare alle altre.
Di fatto, l'era dell'Internet a bordo treno è appena iniziata! ■

emanuele.chiusaroli@telecomitalia.it
luca.dantonio@telecomitalia.it
albertomaria.langellotti@telecomitalia.it

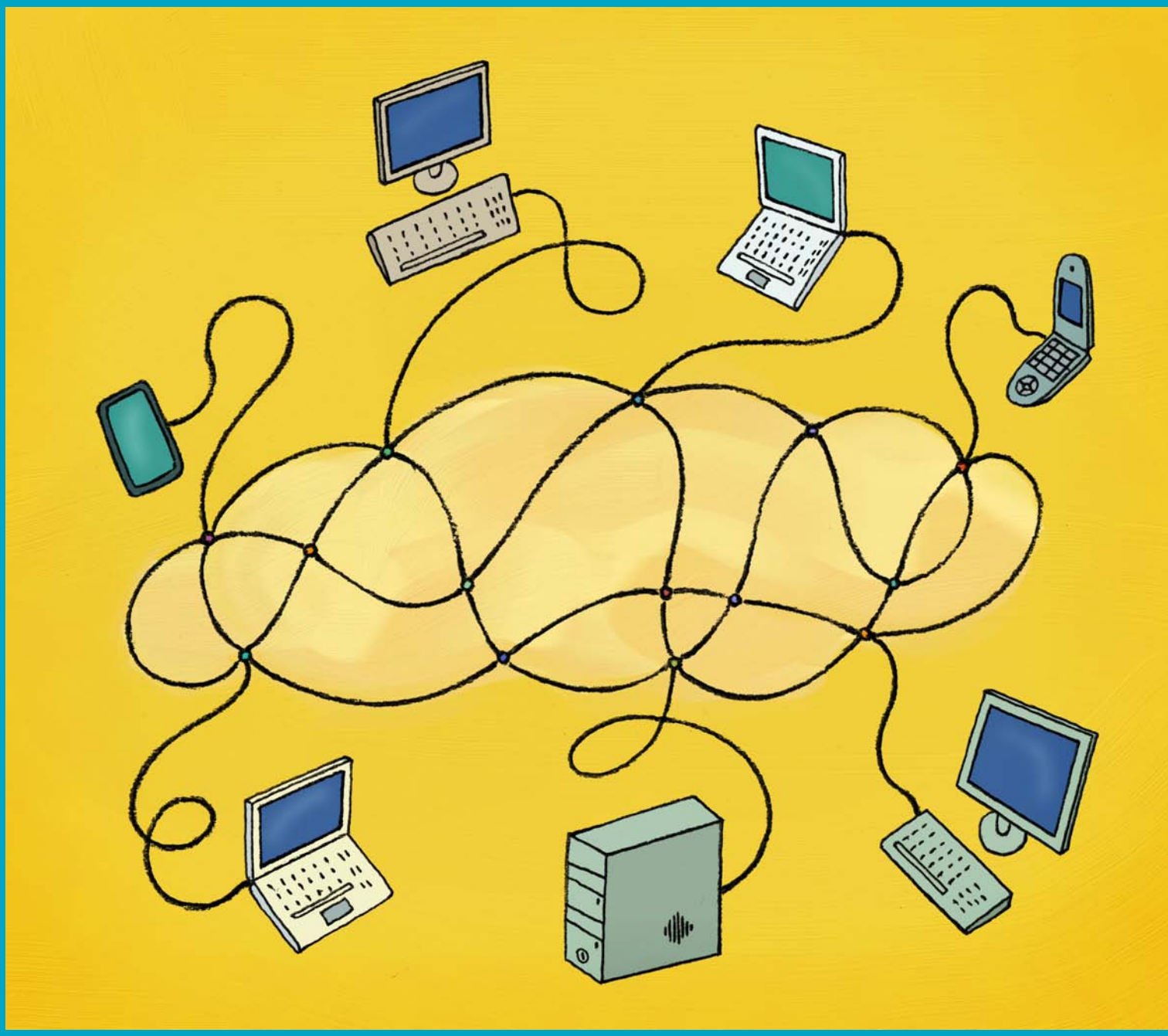
Emanuele Chiusaroli
Ingegnere elettronico, dal 1996 in Telecom Italia. Dopo un intenso periodo di job rotation in Clienti Privati, Direzione DECT e DATA.COM arriva in Telecom Italia Lab nel 2001 dove inizia ad occuparsi del servizio Wi-Fi Area. Dopo dieci anni di esperienza nell'ingegneria dei servizi e nei progetti speciali, tra cui spiccano la Rete Mare di Luna Rossa e il lancio del WiFi pubblico di ETECSA a Cuba, partecipa al progetto "Internet a bordo treno" come referente Telecom Italia Lab per l'Ingegneria dei servizi broadband convergenti per industrializzare la soluzione "in-train WiFi".

Luca D'Antonio
Ingegnere elettronico, nel 1996 entra in TIM. Nella sua attività si occupa principalmente dell'analisi e dello sviluppo della rete radio UMTS: ha partecipato alla stesura delle specifiche radio nel comitato tecnico RAN - Radio Access Network del 3GPP, ed è stato il responsabile dei trial UMTS di TIM.
Dall'aprile 2008 è responsabile in Network del settore Platform Development, che si occupa di attività direzionali per lo sviluppo della rete d'accesso radiomobile e di progetti speciali mobili.

Alberto Maria Langellotti
Ingegnere elettronico, dal 1991 in Azienda per operare nell'ambito della Rete, nelle linee di Ricerca e Sviluppo, Tecnologie ed Architetture, Ingegneria delle Reti Dati, Ingegneria dei Servizi, dove ha partecipato a progetti sulla multimedialità, sull'ADSL e sui servizi IP per la clientela Business e Residenziale.
Dal 2000 si è occupato di Ingegneria del Backbone IP/MPLS OPB e, dal 2004 al 2008, anche della responsabilità dell'Ingegneria delle Trasmissioni.
Dopo un periodo nella Pianificazione della Rete, è ora responsabile della funzione di Provisioning & Development di Network. È il responsabile tecnico del progetto TAV.

LE APPLICAZIONI NEL CLOUD: OPPORTUNITÀ E PROSPETTIVE

Giovanni Lofrumento



Il Cloud Computing promette l'accesso a risorse hardware e software massivamente scalabili distribuite su Internet attraverso servizi fruibili da qualunque dispositivo, fisso e mobile. Il contributo principale di questo modello è l'applicazione dei princìpi della produzione di massa all'Information Technology trasformandola in *commodity*. Il risultato dirompente è che qualunque applicazione Cloud considerata come servizio, dalla posta elettronica al CRM (*Customer Relationship Management*), può essere selezionata da un catalogo e subito utilizzata.

La vaghezza insita nel termine Cloud Computing e le sue innumerevoli definizioni, però, sono fonti di molta confusione, anche fra gli addetti ai lavori, tanto da minarne i vantaggi promessi. Questo articolo vuole fare chiarezza sui fondamenti del Cloud Computing, illustrando i princìpi che ne sono alla base, oltre che evidenziare le caratteristiche peculiari delle applicazioni SaaS (Software as a Service) fornite come servizi Cloud.

1 Introduzione

L'inizio del secolo scorso è stato caratterizzato da un evento epocale: il passaggio dall'energia elettrica prodotta dalle macchine a vapore all'energia generata dalle prime centrali elettriche. L'energia elettrica, inizialmente molto costosa e privilegio di pochi, è diventata economica e a disposizione di tutti diventando una *commodity*[1]. L'evoluzione tecnologica ha favorito la nascita di organizzazioni specializzate da cui acquistare l'energia e ha portato alla dismissione delle centrali elettriche associate agli impianti industriali, perché non più economiche.

Dopo circa un secolo la storia sembra ripetersi nel settore informatico dove l'IT (*Information Technology*), la tecnologia per la gestione e il trattamento delle informazioni, ormai imprescindibile da quasi tutti i modelli di business aziendali, sta seguendo un corso simile, sta diventando anch'essa una *commodity*.

L'infrastruttura IT, hardware e applicativa, a supporto del business è sempre meno strategica e si sta concentrando in organizzazioni ad altissima tecnologia, che stanno realizzando complessi avveniristici con potenze computazionali mostruose necessari per gestire l'IT dei prossimi anni [1]. I precursori di questo nuovo ordine di idee sono state organizzazioni come Amazon, Google, Salesforce, alle quali si sono aggiunti i big dell'informatica mondiale come IBM, Microsoft, Oracle e una pletora di altre organizzazioni come NetApp, 3Tera, HP, Rackspace, Gladinet, Dropbox, Evernote, Zoho e molte altre.

L'artefice principale di questa trasformazione è l'innovazione continua delle tecnologie hardware e software e la pervasività della rete Internet, che ha eliminato le distanze e ha connesso praticamente tutti i computer del mondo, consentendo l'accesso ubiquo a informazioni e a software distribuiti nella rete. Se a ciò si aggiungono fattori come la lenta maturazione del mercato IT convenzionale, l'inadeguatezza dei modelli IT tradizionali per la crescita dei mercati, la rigidità dei modelli di fornitura dei servizi, la crisi incessante, la forte riduzione dei costi per l'IT insieme alla forte spinta di organizzazioni innovatrici, con Amazon e Google in prima fila, alla crescita dell'IT nei paesi emergenti e alla maturità di alcune tecnologie, la miscela si fa esplosiva e il cambiamento di paradigma è presto fatto e prende il nome di Cloud Computing.

Con questo modello si ottiene la massima flessibilità operativa, perché l'elaborazione, lo *storage*[2] e l'uso di applicazioni software si sposta nella "nuvola", potenzialmente nell'infinità di server connessi a Internet, e tutto è governato da servizi misurabili che trasformano l'uso dei computer e del software in *utility*[3].

1 Un bene diventa *commodity* quando è accessibile a tutti, non ha più caratteristiche distintive da altri beni dello stesso tipo ed è scelto solo sulla base del prezzo.

2 In ambito informatico, con il termine *storage* si identificano i dispositivi hardware, i supporti per la memorizzazione, le infrastrutture e il software dedicati alla memorizzazione non volatile in formato elettronico di grandi quantità di dati.

3 Una risorsa è detta *utility* quando è fornita secondo le necessità ed è addebitata in base alla misurazione di quanto consumato.

2 Il percorso verso il Cloud Computing

Per meglio comprendere il Cloud Computing è opportuno descrivere come si è arrivati a questo modello, o stile di elaborazione, ripercorrendo sinteticamente le modalità con cui un'organizzazione si può avvalere dei servizi dell'Information Technology, come mezzo attraverso il quale condurre e migliorare il proprio business.
Molte organizzazioni, o enterprise[4], possiedono e gestiscono in proprio On-Premises (lett. nell'edificio), i complessi tecnologici, detti anche *data center*, che contengono l'infrastruttura informatica, dove sono mantenuti i dati e sono eseguiti i servizi utili per il business. Le applicazioni, sviluppate internamente, o da fornitori esterni, sono di proprietà dell'organizzazione così come le licenze d'uso delle applicazioni acquistate dai *software vendor*. In questo modello, l'organizzazione si deve far carico delle spese dei capitali di investimento CapEx[5], (*Capital Expenditure*), necessari per acquistare sia i sistemi informatici e di comunicazione (server, sistemi di storage, router, ...), sia i sistemi che ne garantiscono il corretto e sicuro funzionamento (gruppi elettrogeni, impianti di condizionamento, sistemi di sicurezza, ...).
Oltre a ciò bisogna aggiungere le spese operative OpEx[6], (*Operating Expense*) per l'esercizio e la gestione di tutta l'infrastruttura presente nei data center e quelle per il personale che gestisce i sistemi e le applicazioni.
Successivamente, le organizzazioni hanno cercato di ridurre i costi dell'IT, avvalendosi di organizzazioni esterne specializzate, dette ISP (*Internet Service Provider*), che nel corso della loro evoluzione (da ISP 1.0 a ISP 5.0) hanno dato sempre più valore aggiunto alle organizzazioni clienti. I modelli di fornitura di servizi da parte degli ISP di terza, quarta e quinta generazione sono stati denominati rispettivamente *Colocation, Application Service Provider* (ASP) e *Cloud Computing* (Figura 1). Per completare il quadro, gli ISP di prima generazione fornivano solo il servizio di connessione alla rete Internet e quelli di seconda generazione anche servizi di utilità come la posta elettronica o le registrazioni a nomi di dominio DNS (*Domain Name System*). Oggi nel nostro paese organizzazioni come Telecom Italia, Fastweb, Wind Telecomunicazioni, Tiscali Italia, Aruba, per citarne alcune fra le più importanti, forniscono servizi di connessione a Internet e anche molti servizi a valore aggiunto.

2.1 Modello Colocation

La *Colocation* (o anche *housing*) è la concessione in locazione a un'organizzazione cliente, da parte di un ISP di terza generazione, di uno spazio fisico, generalmente all'interno di appositi armadi, detti *rack*, dove sono posti i server di proprietà di un'organizzazione cliente.
Tipicamente i server sono ospitati in *data center*, in cui il Service Provider fornisce e garantisce la gestione degli aspetti infrastrutturali (energia elettrica, connessioni di rete, condizionamento, sicurezza, ...).
I server e le applicazioni sono invece gestiti da remoto direttamente dall'organizzazione cliente tramite Internet. In questo caso, l'organizzazione cliente si fa carico delle spese di investimento dei server e delle licenze di uso del software, ma non di quelle relative agli aspetti infrastrutturali necessari.

2.2 Modello ASP

Con il modello ASP il Service Provider si caratterizza nel fornire alle organizzazioni clienti l'infrastruttura IT, ma soprattutto le applicazioni fornite come servizio attraverso la rete Internet. Il Provider possiede, gestisce e garantisce il corretto funzionamento dei server e del software, in base a specifici livelli di servizio concordati con le organizzazioni clienti.
Le applicazioni e i servizi sono usati attraverso web browser (ad esempio Firefox, Internet Explorer, Chrome, Opera, ...), oppure con specifiche applicazioni client fornite dal Provider.
I servizi, quando non sono forniti gratis, sono fatturati a consumo, oppure secondo dei canoni periodici.

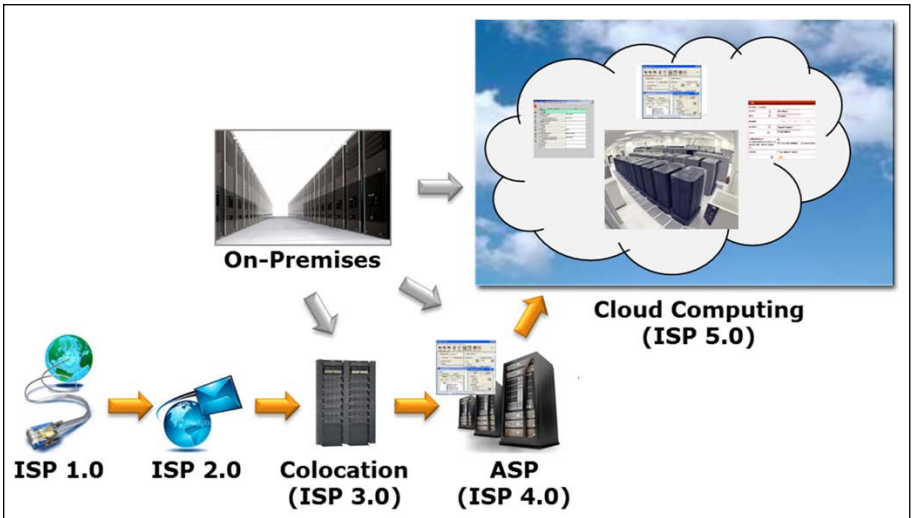


Figura 1 - Modelli di fruizione dei servizi attraverso Internet

4 Una Enterprise è un insieme di organizzazioni con un insieme di obiettivi e di profitti comuni, ad es. un'agenzia governativa, un'impresa globale, un insieme di organizzazioni distanti geograficamente ma legate da una proprietà comune.

5 I CapEx sono le spese di investimento che un'organizzazione impiega per acquistare o aggiornare asset durevoli, ad esempio macchinari usati per il business.

6 Gli OpEx sono le spese operative e cioè il costo necessario per gestire prodotti, sistemi o attività di business.

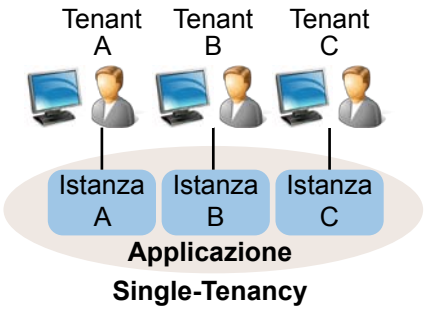


Figura 2 - Modello Single-Tenancy: ogni cliente usa una istanza dedicata dell'applicazione

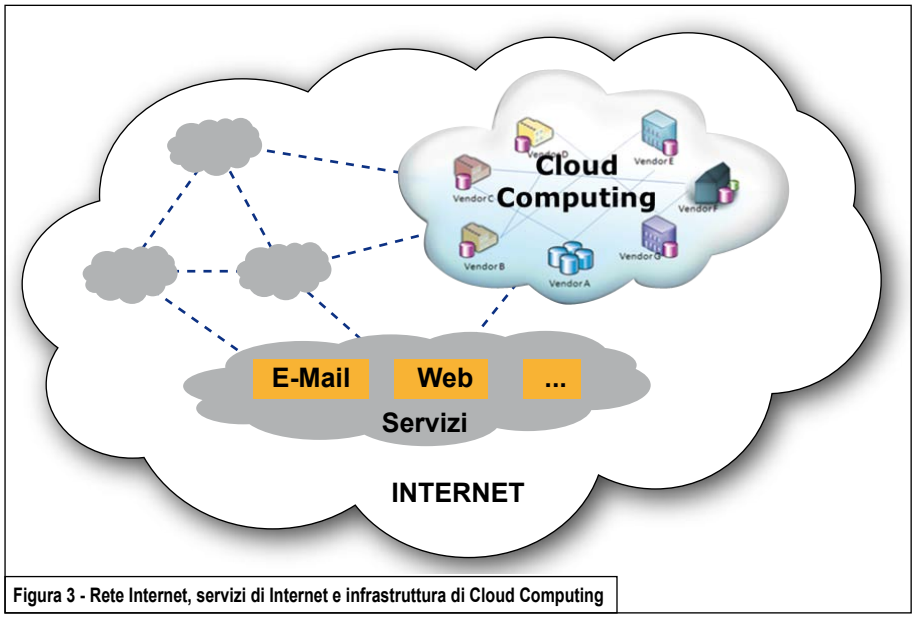


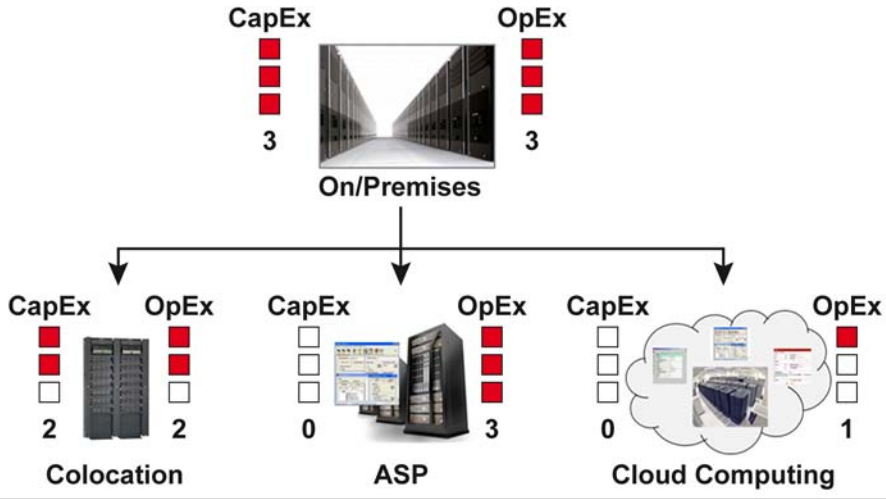
Figura 3 - Rete Internet, servizi di Internet e infrastruttura di Cloud Computing

Caratteristica tipica del modello ASP è la fornitura ad ogni organizzazione cliente di uno o più server dedicati, sui quali vengono eseguiti applicazioni e servizi, anch'essi dedicati, in modalità multi-istanza, secondo un modello *Single-Tenancy* (Figura 2), in cui ogni cliente ha la sua istanza dedicata dell'applicazione, spesso anche personalizzata ad *hoc*.
Con questo modello l'organizzazione cliente non ha più spese legate agli investimenti hardware e software, ma sostiene solo le spese operative legate all'uso dell'infrastruttura e del software. Il modello ASP ha introdotto il concetto di fornire il software come servizio (SaaS), pagato in modalità *flat* o anche a consumo.

2.3 Modello Cloud Computing

Tradizionalmente Internet è rappresentata con una nuvola (in inglese *cloud*). La stessa nuvola è stata usata per rappresentare il nuovo paradigma di elaborazione dinamicamente scalabile[7] denominato *Cloud Computing*, che fornisce come servizio qualunque *capability*[8] fornita dall'IT (Figura 3).
Il Cloud Computing consente l'accesso *on-demand* a risorse condivise che risiedono in *data center* massivamente scalabili, cui si può accedere in modo ubiquo da qualunque dispositivo connesso a Internet. La prerogativa principale del nuovo modello è quella di trasformare l'IT da un centro di costo interno, in un insieme di servizi esterni, agili, reattivi e pagati a consumo, da usare non solo come strumenti di business, ma come mezzo attraverso il quale condurre il business. Analogamente al modello ASP, il Cloud Service Provider si fa carico dell'infrastruttura IT e dei servizi che fornisce alle organizzazioni clienti, le quali hanno solo l'onere di pagare ciò che consumano.
L'organizzazione cliente, invece, ha maggiori vantaggi, perché la condivisione delle risorse consente l'abbattimento significativo delle spese operative.
A scopo esemplificativo, quantizzando in maniera simbolica su una scala da zero a tre le spese di investimento e operative a carico dell'organizzazione, la Figura 4 che riassume i quattro modelli descritti. Rispetto al modello *On-Premises*, che è il più costoso, con il modello *Colocation* l'organizzazione cliente ha dei risparmi, ma continua a sostenere spese sostanziali per l'infrastruttura informatica e per la sua

Figura 4 - Confronto fra i vari modelli di fornitura dei servizi relativamente alle spese di investimento e alle spese operative



7 La scalabilità è la capacità di un sistema di adattarsi all'aumento di carico (ad esempio elaborativo o di storage,...) aggiungendo più risorse in funzione delle necessità.

8 Per *capability*, in questo contesto, si intende, in un'accezione generale, qualunque funzionalità, risorsa o azione fornita dall'IT.

gestione. Con il modello ASP l'organizzazione cliente ha un sensibile risparmio, perché non sostiene più gli investimenti per l'acquisto dell'infrastruttura informatica, ma solo le spese operative di uso delle applicazioni.
Il Cloud Computing abbassa anche le spese operative, perché il modello favorisce la condivisione delle stesse risorse fra più organizzazioni clienti e riduce l'onere di configurazione dei servizi da parte del Service Provider, perché una parte è demandata direttamente alle organizzazioni clienti.

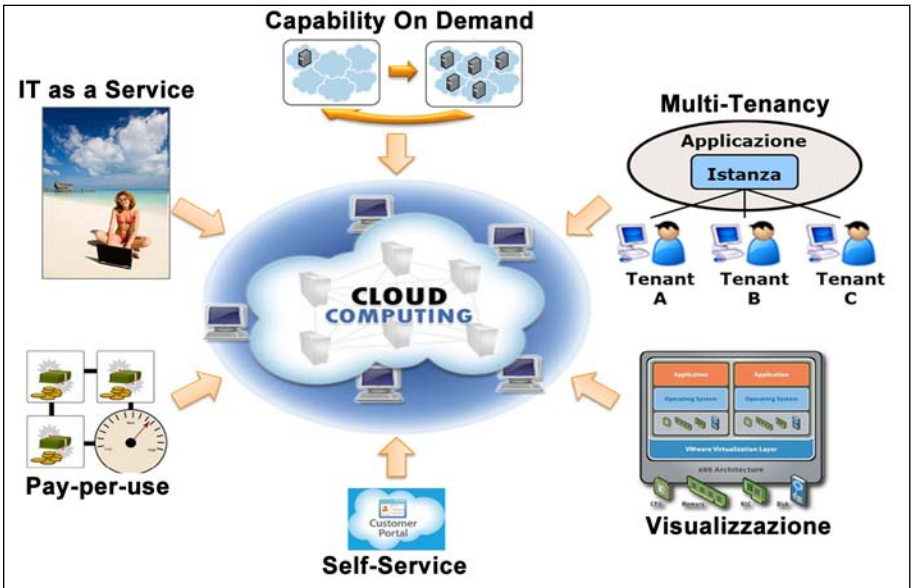


Figura 5 - Princìpi del Cloud Computing

3 Princìpi del Cloud Computing

Non esistono né una definizione *de iure* del Cloud Computing, né tantomeno degli standard espliciti di riferimento, se non genericamente gli standard delle tecnologie e dei protocolli del web o, più generale, di Internet. La conseguenza è stata una proliferazione di definizioni che hanno sicuramente delle comunanze, ma, essendo tutte qualitative e redatte a diversi livelli di astrazione, sono fonte di confusione. La pubblicazione [2] analizza addirittura 22 definizioni del Cloud Computing, ma ne esistono anche altre fatte da autorevoli analisti e organizzazioni.
Se a ciò si aggiunge che molti Software Vendor e Service Provider hanno rispolverato molte delle loro vecchie offerte come nuove soluzioni Cloud, la confusione diventa sovrana ed emerge in maniera evidente da una ricerca di GFI Software [3] condotta a marzo 2010. La ricerca riporta dei dati abbastanza sconcertanti: il 62% dei *senior decision-maker* di piccole e medie organizzazioni non ha mai sentito il termine "Cloud Computing" e il 13% lo ha sentito, ma non ne comprende il significato; il 24% dei professionisti IT non ha mai sentito parlare del Cloud Computing o non sa cosa significhi. La ricerca, però, indica anche che un pieno ritorno degli investimenti ROI (*Return On Investiment*) è stato ottenuto in meno di sei mesi dal 16% delle aziende che hanno spostato dei servizi nel Cloud e da una buona metà addirittura in meno di un anno.
In questa situazione, diventa essenziale e impellente la necessità di avere dei precisi punti di riferimento per capire cosa sia effettivamente il Cloud Computing (Figura 5) [4]. Può essere appropriata in tal senso una citazione di Abramo Lincoln "I princìpi più importanti possono e devono essere inflessibili" per sostenere che, affinché una soluzione sia fornita in modalità Cloud, deve rispondere a dei princìpi ben precisi: IT as a Service, Capability On Demand-Pay-Per-Use, Multi-Tenancy, Self-Service e Virtualizzazione.

3.1 IT as a Service

La prerogativa del Cloud Computing, trasformare l'IT in servizi, ha portato a definire tre modelli di delivery, indicati con le seguenti sigle: IaaS, PaaS e SaaS (Figura 6). Questi modelli, che definiscono anche le soluzioni organizzative e strategiche, attraverso le quali un Service Provider acquisisce vantaggi competitivi, sono indicati anche come modello di business del Cloud Computing.
IaaS (*Infrastructure as a Service*) – Infrastruttura come Servizio – trasforma in servizi le risorse di storage ed elaborative di un server. Esempi di IaaS sono S3 (Simple Storage Service) ed EC2 (Elastic Compute Cloud) di Amazon che forniscono come servizi Cloud, rispettivamente, spazio di storage e sistemi di elaborazione (*server*) [5].
PaaS (*Platform as a Service*) – Piattaforma come servizio – fornisce come servizi le piattaforme per sviluppare le applicazioni Cloud e lo spazio per ospitarle ed eseguirle. Esempi di PaaS sono gli ambienti di sviluppo software Google App Engine, Microsoft Azure, Force.com [6].
SaaS (*Software as a Service*) – Software come Servizio – fornisce le applicazioni software ospitate ed eseguite nel Cloud come servizi. Esempi di SaaS sono Google Docs, Google Mail (GMail), Sales Cloud 2 (Salesforce.com), Zoho CRM. Come si vedrà in seguito il SaaS, seppur

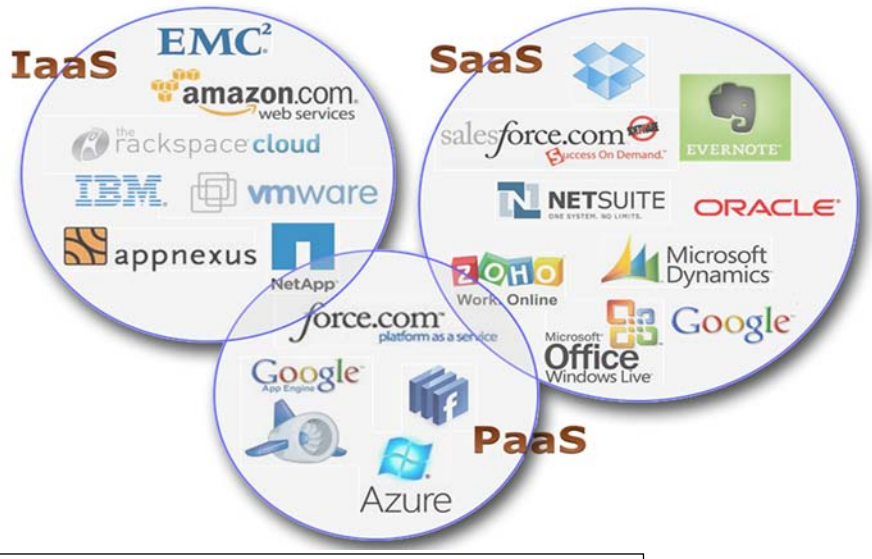


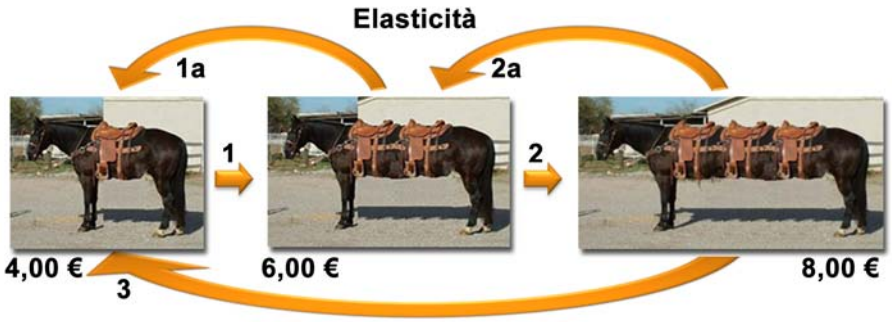
Figura 6 - Modelli di delivery dei servizi Cloud e Cloud Service Provider significativi

esiste da prima del Cloud Computing, raggiunge i suoi massimi livelli quando rispetta i princìpi del Cloud [7].
L'organizzazione cliente che si avvale di servizi forniti in modalità Cloud ha bisogno della connessione a Internet e di un'infrastruttura IT per richiedere i servizi. Naturalmente, in funzione dei servizi utilizzati, bisogna definire i livelli di qualità di servizio QoS (*Quality of Service*) della connettività. Ciò comporta un drastico abbattimento dei costi di investimento (CapEx), perché i costi dell'infrastruttura IT (acquisto nuovi apparati, acquisti di licenze software, aggiornamenti di hardware e software,...) non sono più necessari: le applicazioni e l'infrastruttura IT sono nel Cloud, completamente gestiti dal Service Provider. Con il modello Cloud il risparmio ottenuto rispetto alla gestione On Premises, che può oscillare mediamente fra il 35% e il 65% del budget IT, può essere spostato verso l'innovazione del business piuttosto che negli asset IT.

3.2 Capability On Demand

La richiesta On Demand di maggiori o minori *capability* in base alle esigenze di business, indicata anche come "elasticità"[9], è una delle peculiarità più importanti del Cloud Computing.
Questo vuol dire che le organizzazioni clienti che sottoscrivono servizi che usano certe quantità di risorse successivamente possono aumentare o ridurre l'utilizzo di tali risorse liberamente senza modifiche agli elementi contrattuali (Figura 7).
Teoricamente il Cloud Computing è un modello a risorse infinite con disponibilità immediata. Ad esempio, se un'organizzazione cliente sottoscrive in modalità Cloud un servizio di *storage* di 10 Giga Byte e un servizio di posta elettronica con 30 caselle postali, le quantità massime prefissate delle risorse indicate non sono fisse, ma sono un punto di partenza.
Questo vuol dire che se per motivi di business l'organizzazione cliente per un certo periodo di tempo ha bisogno di 16 Giga Byte di *Storage* e 35 caselle di posta, in *self-service* modificherà la quantità di risorse richieste per avere subito a disposizione i 6 Giga Byte e le 5 caselle di posta aggiuntive, senza alcuna interazione diretta con il Service Provider.
È opportuno considerare che l'elasticità automatica dei servizi posti nel Cloud non ne garantisce la scalabilità, perché quest'ultima dipende dall'architettura delle applicazioni che li realizzano. Servizi non scalabili spostati nel Cloud non diventano automaticamente scalabili.
Questo aspetto è importante e va tenuto presente, quando si vogliono spostare nel Cloud *applicazioni legacy*[10] progettate senza la scalabilità in mente.

Figura 7 - Elasticità del Cloud Computing



3.3 Pay-per-use

La richiesta di servizi da parte di un'organizzazione spesso non avviene in maniera costante nel tempo, ma in modo impulsivo in momenti prevedibili (ad es. ogni penultimo giorno del mese) e anche in maniera imprevedibile, in base a specifiche esigenze del business. In tali contesti l'elasticità

9 L'elasticità è la capacità di rendere operative istantaneamente grandi quantità di risorse, e in seguito di dismetterle al volo, in base alle necessità del business, garantendone la continuità.

10 Un'applicazione è detta *legacy* se è stata sviluppata con metodi e tecnologie vecchie, rispetto a quelle correnti, ma continua a essere usata perché funzionante.

del Cloud Computing è molto vantaggiosa, perché consente l'utilizzo delle effettive risorse nei momenti giusti e, in questi casi, una forma di pagamento a consumo risulta molto appropriata. L'organizzazione cliente non acquista più le licenze del software e non ha più canoni fissi per i servizi che utilizza, ma paga al termine del periodo temporale stabilito solo per quanto ha effettivamente consumato. Per il Service Provider, il modello pay-per-use impone la predisposizione di sistemi di misurazione in tempo reale del consumo delle risorse e un sistema di fatturazione mirato all'effettivo uso delle risorse per un determinato periodo.
La misurabilità delle risorse utilizzate fa sì che l'IT diventi un'*utility* alla pari della corrente elettrica, dell'acqua o del gas.

3.4 Pay-per-use

La *Multi-Tenancy* (lett. multi locazione) è un principio architetturale in cui una singola istanza di un'applicazione server è utilizzata da più organizzazioni client o *tenant* (lett. inquilini). Questo principio è fondamentale per il Cloud Computing, perché consente la condivisione di una stessa applicazione fra più organizzazioni clienti, rendendo più economici i servizi forniti. Ogni organizzazione cliente ha la percezione che l'applicazione sia dedicata solo a sé, perché lavora con i dati che ha definito e si presenta con i temi, visuali o non visuali, con cui l'ha configurata.
Il Service Provider ha i vantaggi di condividere le risorse fra più *tenant* e di ridurre in tal modo i costi di gestione. La Figura 8 mostra la differenza fra un modello Single-Tenancy e uno Multi-Tenancy.

3.5 Self-service

Le soluzioni Cloud sono tipicamente *off-the-shelf* e, quindi, immediatamente disponibili e utilizzabili dagli utenti, che, in una certa misura, le autogestiscono, modificando in self-service i parametri della configurazione (questo è un test semplice e immediato per valutare l'offerta Cloud di un Service Provider). Il Service Provider, pertanto, deve fornire soluzioni con un elevato grado di standardizzazione e deve invogliare le organizzazioni clienti a gestire in self-service i servizi Cloud, fornendo interfacce utenti intuitive e facili da usare. L'accesso ai parametri di configurazione dei servizi è fatta solitamente attraverso un web browser, oppure tramite applicazioni client per dispositivi fissi e mobili fornite direttamente dal Service Provider. Con la gestione self-service il Service Provider ottiene un enorme beneficio, perché, delegando una parte importante della gestione direttamente alle organizzazioni clienti, può utilizzare il personale del data center per attività di maggior valore.

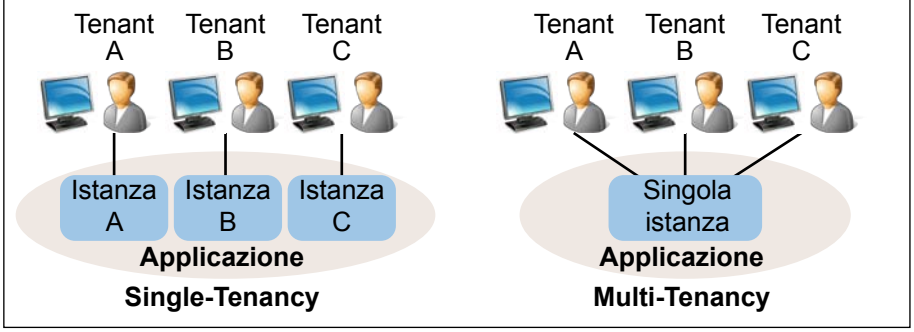
3.6 Virtualizzazione

La virtualizzazione consiste nella "dematerializzazione" di una risorsa fisica, ad es. un server, in una risorsa astratta equivalente realizzata tramite software. Le risorse fisiche (processori, memoria, dispositivi, ...) di un unico server reale sono condivise fra le molte risorse virtuali che ospita. La virtualizzazione introduce diversi vantaggi fra i quali: la riduzione degli spazi per ospitare i server fisici, la riduzione del consumo di energia elettrica per l'alimentazione e il condizionamento, la riduzione dei costi di gestione.
Un altro vantaggio della virtualizzazione, fondamentale per il Service Provider, è legato al tempo di *provisiong*[11] di nuove risorse su richieste delle organizzazioni clienti.
Il provisioning di servizi, utilizzando risorse virtuali, può essere fatto in tempi rapidi (minuti) rispetto a quelli necessari (ore, giorni o anche settimane) utilizzando risorse reali. In generale, il Cloud Computing e la virtualizzazione sono due cose diverse che possono coesistere anche separatamente, ma le tecnologie per la virtualizzazione sono essenziali al modello Cloud per avere una reattività l'immediata in base alle richieste delle organizzazioni clienti.

3.7 Livello di conformità al Cloud Computing

In accordo ai princìpi descritti si può oggettivamente affermare che il Cloud Computing rappresenti un insieme di servizi basati su Internet che forniscono, secondo un modello pay-per-use e una gestione self-service, capability

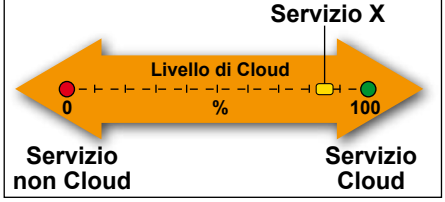
Figura 8 - Single-Tenancy: ogni tenant ha la sua istanza dedicata, anche personalizzata; Multi-Tenancy: una singola istanza dell'applicazione è condivisa e fornisce servizi a più tenant



11 In generale, il *provisioning* è il processo, spesso complesso, per la preparazione e l'allestimento delle risorse necessarie a rendere disponibili nuovi servizi ai clienti.

on-demand astratte dalla tecnologia, di uso immediato e condivise relative ad applicazioni software, piattaforme di sviluppo, server e storage.
I princìpi appena descritti sono il fondamento che sta alla base del Cloud Computing e devono essere tenuti presenti sia dai Service Provider, quando si apprestano a progettare nuove applicazioni da fornire in modalità Cloud, sia dai *Service Requester*, quando valutano delle soluzioni Cloud. Una soluzione potrebbe essere completamente conforme ai princìpi del Cloud Computing, così come potrebbe non esserlo. Ci sono anche livelli intermedi (Figura 9) in cui una soluzione è conforme a un certo livello di Cloud, perché in certi contesti alcuni princìpi potrebbero non essere applicabili.
Il Cloud Computing è un percorso che molti Service Provider si apprestano a intraprendere avendo già un'infrastruttura IT e applicazioni e servizi forniti in modalità non Cloud. In questo caso, deve essere effettuata un'accurata analisi delle caratteristiche delle soluzioni software che vogliono erogare in modalità Cloud e delle opportunità di tale scelta, perché non tutte le soluzioni IT sono adatte a essere fornite secondo tale modello. Questo non è assolutamente un problema, perché il Cloud Computing non ha l'ambizione di diventare il modello di riferimento per la fornitura di servizi, ma semplicemente un modello che in determinati contesti possa fornire maggiori vantaggi rispetto a un approccio convenzionale.

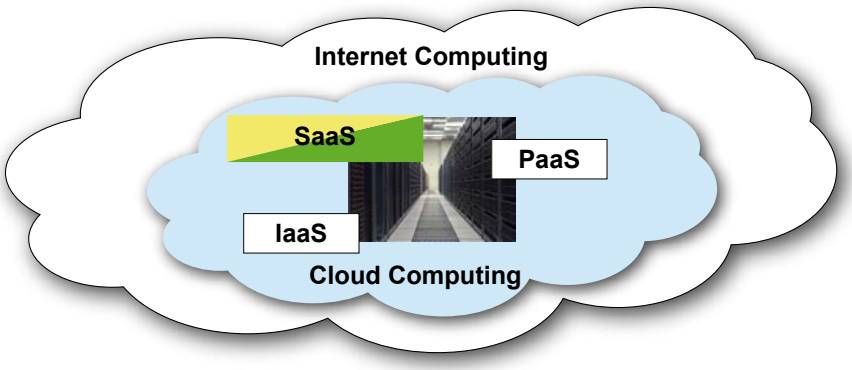
Figura 9 - Livello di conformità di un servizio al modello Cloud



4 Le applicazioni SaaS nel Cloud

Come si è visto, il Cloud Computing trasforma l'IT in servizi e definisce tre modelli di business e di delivery: IaaS, PaaS e SaaS. Mentre fornire come servizi l'infrastruttura (IaaS) e la piattaforma di sviluppo (PaaS) è tipico del nuovo modello, il concetto di Software come servizio (SaaS), per sua natura, esiste ancor prima del Cloud Computing. Infatti, le applicazioni SaaS si possono definire in modo semplicistico come "Software distribuito come servizio in hosting[12], a cui si accede tramite Internet" [8]. Già da molti anni Internet è stata considerata una piattaforma di elaborazione, tanto che si attribuisce a John Gage la frase "*The network is the computer*". Il modello SaaS consente, infatti, la fornitura di software sotto forma di servizi che può essere eseguito sulla piattaforma Internet oppure nel Cloud (Figura 10).
Ma Cloud Computing e applicazioni SaaS sono la stessa cosa oppure due cose diverse? In prima istanza si può dire che entrambi trasformano l'IT in *utility*: il Cloud le risorse di calcolo e lo storage, il SaaS le applicazioni software. In secondo luogo, un'applicazione SaaS è fornita in modalità Cloud, se soddisfa i princìpi del Cloud precedentemente descritti, altrimenti è fornita in modalità non Cloud, ad esempio secondo il tradizionale modello ASP. Infine, il SaaS può essere considerato come uno dei modelli di business del Cloud Computing, perché definisce una delle tre modalità attraverso le quali vengono forniti i servizi. Ci sono strette relazioni, quindi, fra SaaS e Cloud Computing, tuttavia, quando non sono rispettati i principi illustrati, sono due cose diverse.
Chiaramente è auspicabile da parte dei Service Provider fare in modo che le applicazioni SaaS siano fornite in modalità Cloud, perché si ottengono diversi vantaggi: meno oneri di gestione, prezzi più bassi, auto-configurabiltà, efficienza *Multi-Tenant* e un modello *pay-per-use*. Viceversa, un'applicazione SaaS fornita in modalità non Cloud non è elastica, è fornita in modalità Single-Tenant su server dedicati e, a fronte di richieste di variazioni della configurazione, manifesta tempi generalmente alti.
Ciò non significa, però, che un'applicazione SaaS debba essere sempre fornita in modalità Cloud, perché in alcune circostanze dei clienti potrebbero richiedere risorse dedicate per assicurarsi una maggiore riservatezza dei dati, o sicurezza in generale, anche pagandole a prezzi più alti.

Figura 10 - SaaS: servizi forniti su piattaforma Internet e in modalità Cloud Computing



12 Hosting vuol dire ospitare un'applicazione o un servizio su un server remoto, solitamente gestito da un Service Provider, accessibile attraverso la rete Internet.

Dall'altro lato, per un'organizzazione optare per l'uso di applicazioni SaaS, piuttosto che per applicazioni sviluppate in casa, vuol dire preferire il modello *buy* al modello *make*. Quindi, nei casi in cui sia possibile trovare sul mercato un'applicazione SaaS, il modello *buy*, di norma, è molto più rapido e conveniente, perché il ciclo diventa "acquista e usa", invece di quello tradizionale di "analisi, progettazione, programmazione, test, installazione ed esercizio".

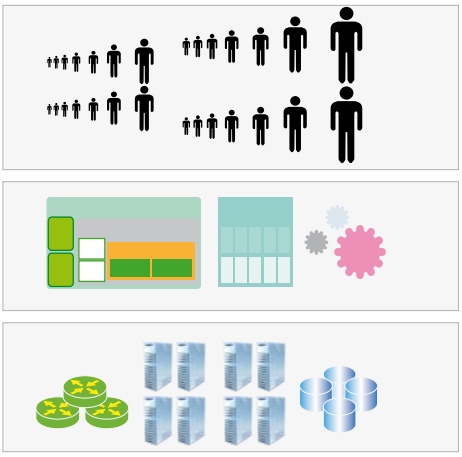


Figura 12 - Caratteristiche di un'applicazione SaaS.multi-tenant

4.1 Classificazione delle applicazioni SaaS

La Figura 11 indica una classificazione delle applicazioni SaaS [9]. Le applicazioni "Non SaaS" sono fornite secondo il classico modello Client/Server e sono ospitate On-Premises.
Le applicazioni "Pseudo SaaS" possono essere fornite sia come servizio in hosting sia On-Premises, ma non sono Multi-Tenant. Queste sono le applicazioni esistenti, progettate in maniera convenzionale, che vengono trasformate in SaaS senza alcuna reingegnerizzazione.
Le applicazioni "Quasi SaaS" sono tipicamente applicazioni inizialmente progettate in modo tradizionale e successivamente reingegnerizzate per esibire alcune caratteristiche tipiche delle applicazioni SaaS, ma tipicamente mancano dell'efficienza Multi-Tenant.
Le applicazione "True SaaS", infine, sono applicazioni progettate nativamente con tutte le caratteristiche tipiche delle applicazioni SaaS, incluso il supporto per la Multi-Tenancy.
Naturalmente, le applicazioni "Quasi SaaS" e "True SaaS" potrebbero anche essere ospitate On-Premises. Ad esempio, Microsoft Dynamics CRM è un'applicazione "True SaaS" che può essere ospitata sia On-Premises, sia in hosting.

4.2 Caratteristiche di un'applicazione SaaS

Un'applicazione SaaS fornita in modalità Cloud deve avere tre caratteristiche fondamentali: deve essere scalabile, deve avere un'efficienza Multi-Tenant e deve essere configurabile (Figura 12).
La scalabilità è una caratteristica che consente all'applicazione di far fronte a un numero crescente di richieste senza alcun impatto sulla qualità del servizio fornito. Un'applicazione scala verso l'alto (*Scale-Up*), quando deve gestire un numero maggiore di richieste nella stessa unità di tempo; scala verso il basso (*scale-down*), quando può rilasciare delle risorse inutilizzate a causa di un numero minore di richieste.
La configurabilità è una caratteristica che permette la personalizzazione dell'applicazione, dal punto di vista visuale e comportamentale, in base a specifiche esigenze delle organizzazioni clienti. Per la gestione della configurazione vengono utilizzati un insieme di metadati, cioè dei dati che, associati ad altri dati, ne descrivono il contenuto specificandone il contesto di riferimento. Aree da prendere sicuramente in considerazione per la definizione dei metadati e dei conseguenti servizi di configurazione sono: la personalizzazione dell'interfaccia utente, la definizione di specifiche regole di business e l'estensione del modello dei dati.
Infine, l'efficienza Multi-Tenant fa sì che una stessa istanza dell'applicazione possa contemporaneamente fornire i servizi a più organizzazioni clienti.
I principali vantaggi di queste tre caratteristiche sono relativi rispettivamente all'elasticità di impegnare e rilasciare risorse immediatamente, senza modifiche al contratto, in base alle esigenze di business, alla personalizzazione dell'applicazione ai diversi *tenant* e

Figura 11 - Classificazione di un'applicazione SaaS

	Tenancy		Delivery	
Tipo di SaaS	Single	Multi	as a Service	On-Premises
True Saas		■	■	
Quasi SaaS	■		■	
Pseudi SaaS	■		■	■
Non SaaS	■			■

alla maggiore economicità perché si usano risorse condivise fra più *tenant*.

4.3 Architettura di un'applicazione SaaS

L'aggiunta di un *front-end* web a un'applicazione di business *legacy* progettata senza considerare la scalabilità, la configurabilità e l'efficienza multi-tenant non la trasforma automaticamente in un'applicazione SaaS, anche se viene esposta e fruita con le tecnologie Internet.
Le applicazioni SaaS mature sono sviluppate solo in accordo a una specifica architettura software di riferimento (Figura 13).
Un'applicazione SaaS fornisce servizi attraverso Internet che possono essere richiesti attraverso Web Browser, oppure tramite applicazioni client dedicate, fornite direttamente dal Service Provider. Tali client possono essere realizzati da applicazioni installate su PC desktop o portatili e anche da applicazioni native installate su *smartphone* o *tablet*.
La struttura di un'applicazione software è tipicamente organizzata in *layer*[13], in accordo a ben determinati pattern architetturali (ad esempio Hub and Spoke [10], Publish/Subscribe [11], Model-View-Controller – MVC [12], Service-Oriented Architecture – SOA [13],...). L'architettura di un'applicazione SaaS, come illustrato in Figura 13, presenta dei layer tipici che fanno riferimento ai servizi di controllo e di business ai quali si accede attraverso i servizi di *presentation* e direttamente dalle applicazioni client non web.
L'interazione avviene conformemente alle politiche di sicurezza implementate nel layer che contiene i servizi di sicurezza. Fondamentalmente, ci sono due elementi nuovi che caratterizzano l'architettura di un'applicazione SaaS: il layer dei servizi di configurazione e il layer dei servizi di misurazione. Il primo fa riferimento a un insieme di metadati utili per la gestione della configurazione dei diversi *tenant*, che utilizzano l'applicazione ed è utilizzato per personalizzare l'applicazione; il secondo, invece, serve per raccogliere le misurazione relative al consumo effettivo delle risorse da parte dei *tenant* ed è utilizzato principalmente dal sistema di fatturazione per contabilizzare l'uso delle risorse ai *tenant*.
L'architettura descritta può essere presa come riferimento per valutare la bontà strutturale di un'applicazione SaaS.

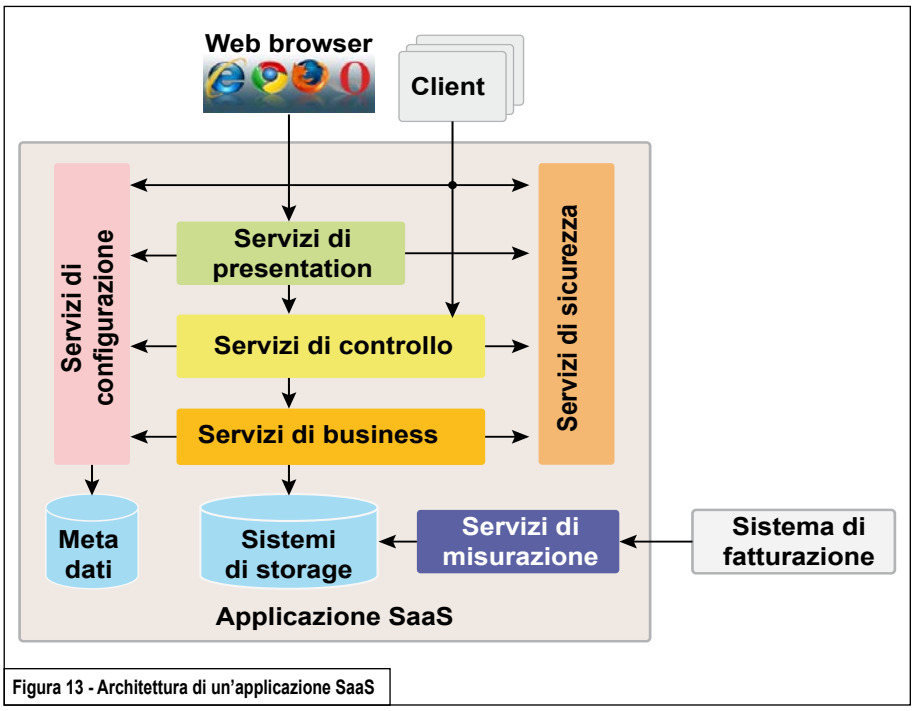


Figura 13 - Architettura di un'applicazione SaaS

5 Prospettive del Cloud Computing

Il dibattito sul Cloud Computing è molto acceso: ci sono forti sostenitori (Amazon, Google, Salesforce, ...) e anche accaniti detrattori, primo fra tutti Richard Stallman [15], che ha motivato la sua avversione a causa di diversi rischi, fra i quali annovera tra i principali la perdita di controllo dei dati posti nel Cloud [14]. Ma il Cloud Computing è un modello dirompente che cambia radicalmente il modo in cui si usa l'IT a supporto del business e la sua affermazione nei prossimi anni è più che scontata. Sicuramente tra i suoi più grossi vantaggi ci sono le molte opportunità per le piccole e medie organizzazioni, perché tutte possono beneficiare dell'IT a basso costo e non solo le grandi organizzazioni che possiedono i *data center*. Marc Benioff, CEO di Salesforce, ha detto "La potenza del Cloud Computing è la democratizzazione della tecnologia, perché la rende disponibile a tutti" [16].
Le promesse del Cloud Computing sono molto attraenti: è elastico e si adatta alle esigenze del business, si paga quanto si consuma, trasforma i costi fissi in costi variabili, elimina i grandi investimenti, sostituendoli con costi operativi nell'arco del tempo e rende ridondante e tollerante ai guasti l'infrastruttura IT. Il nuovo modello, pertanto, è particolarmente adatto nei contesti in cui le esigenze di elaborazione sono discontinue nel tempo, perché in questi casi si sfruttano al massimo le risorse senza lasciarle inutilizzate. Il Cloud

13 Un *layer* è una parte logica di un sistema più grande costruita sui layer sottostanti e utilizzata come base per costruire i layer soprastanti.

Computing è molto allettante per le *startup* che possono concentrarsi sugli elementi di business e trascurare gran parte degli aspetti strutturali ed economici legati all'infrastruttura tecnologica IT.
Il Cloud Computing richiede, comunque, un grosso sforzo da parte del Provider, perché la predisposizione dell'infrastruttura tecnologica necessaria, hardware e software, è sfidante e richiede anche numeri "medio/grandi", relativamente ai potenziali clienti, altrimenti gli investimenti potrebbero essere ripagati in tempi troppo lunghi che ne potrebbero vanificare i vantaggi.
Si è ancora lontani dalla maturità del Cloud Computing e ancora oggi è richiesto un grosso impegno per la definizione di standard a garanzia delle organizzazioni clienti per evitare il "*vendor lock-in*". Oggi, probabilmente insieme alla sicurezza, è il rischio maggiore e di conseguenza è fondamentale per le organizzazioni che si accingono a spostare i loro dati e servizi nel Cloud avere delle garanzie.
La sicurezza delle soluzioni Cloud, infatti, ancora oggi è lasciata alla sensibilità dei singoli vendor.
Relativamente ai dati, ad esempio, è importante sapere dove sono conservati (in certi casi le leggi in vigore vietano di portare i dati al di fuori dei confini nazionali), le garanzie di sicurezza e di privacy e, ancor più importante, come si possono riottenere indietro i propri dati se si decide di cambiare Provider. Per quest'ultimo aspetto, Google ha costituito un gruppo denominato "Data Liberation Front" [17] con l'obiettivo di facilitare la migrazione dei dati dalle sue applicazioni in caso di eventuale migrazione del cliente.
Altri elementi possono riguardare la portabilità delle applicazioni sviluppate nel Cloud, il livello di servizio fornito (Service Level Agreement, SLA), il back-up e il *restore* delle applicazioni, oltre che gli aspetti legali in casi di controversie.

5.1 Evoluzione delle applicazioni mobili verso il cloud

La crescente diffusione degli *smartphone* e dei *tablet* sta facendo crescere l'attenzione verso il Mobile Cloud Computing. Secondo alcuni analisti fra pochi anni i dispositivi mobili a livello mondiale supereranno i PC nell'accesso a Internet e le nuove architetture software basate sul Cloud a breve renderanno obsoleto il modello attuale delle applicazioni mobili.
Alcune previsioni indicano che il Mobile Cloud Computing nel 2014 diventerà un mercato da 20 miliardi di US $ [18] e consentirà lo spostamento della gestione dei dati e dell'elaborazione dai dispositivi mobili al *Cloud* e, viceversa, renderà semplice la sincronizzazione del dispositivo mobile virtualmente con qualunque sistema o *data store* (reti sociali, email, computer,...) e consentirà l'accesso ubiquo ai dati corporate. Gli scenari introdotti dal mondo mobile sono talmente ampi che il connubio con il Cloud Computing porterà a dinamiche e comportamenti probabilmente molto diversi da quelli cui siamo abituati oggi.

Conclusioni

Il Cloud Computing sta diventando sempre più pervasivo e la "*commoditizzazione*" dell'IT, come previsto da Nicholas Carr [19] [20], è già una realtà di fatto. Lo spostamento delle applicazioni e dei dati nel Cloud sarà sempre più diffuso non solo a livello *enterprise*, ma anche fra i *consumer*, o meglio ancora fra i *prosumer*, dove c'è già il convincimento e il provato vantaggio che le risorse devono essere sempre accessibili ovunque e da qualunque dispositivo. Ci sono diverse soluzioni, già molto utilizzate, per spostare i dati nel Cloud e condividerli, sia a livello aziendale che personale, ad esempio Amazon S3, Google Docs, Google Mail, Right Now, Evernote, DropBox, Google Notebook, per citarne alcune, che possono essere usate gratis o a un prezzo a consumo. Con la maturazione delle tecnologie, soprattutto quelle relative al controllo dei dati e alla sicurezza, non è azzardato affermare che nei prossimi anni il Cloud sarà il repository e la piattaforma di elaborazione globale tanto che si potrà dire "*The Cloud is the computer*".
Oggi, però, lo spostamento dei servizi IT nel Cloud comporta ancora dei rischi, legati soprattutto al controllo dei dati e, in generale, alla sicurezza. La scelta del Cloud Provider, pertanto, deve essere molto oculata e circostanziata da diverse verifiche e clausole contrattuali per evitare a un'organizzazione cliente di trovarsi impotente di fronte alla cessazione unilaterale del servizio, con il conseguente blocco delle attività. In Italia, Telecom Italia, annunciando nel settembre 2010 il progetto "Nuvola Italiana" [21], si propone come il Cloud Service Provider italiano e, quindi, per mitigare i rischi e dare garanzie alle organizzazioni clienti deve potenziare e rendere affidabile e flessibile la propria infrastruttura di Data Center, diventando il Provider di se stessa. In tal senso Google, il maggior Cloud Service Provider mondiale, che ha mantenuto ininterrotto il servizio fin dall'inizio delle sue attività, insegna ■

giovanni.lofrumento@hrs.telecomitalia.it

Bibliografia

[1] Giovanni Lofrumento, "Dalle Centrali Telefoniche alle Centrali Computazionali: verso il Cloud Computing", Notiziario Tecnico Telecom Italia, Anno 19, Num. 2, 2010

[2] Luis M. Vaquero, Luis Rodero-Merino, Juan Caceres, Maik Lindner, A Break in the Clouds: Towards a Cloud Definition, ACM SIGCOMM Computer Communication Review, Volume 39, Number 1, January 2009

[3] The 2010 GFI Software SME Technology Report, http://www.gfi.com/documents/SME_Technology_Report_web.pdf

[4] J. Rosemberg,, A. Mateos, "The Cloud at Your Service: The when, how, and why of enterprise Cloud Computing", Manning, 2011

[5] Wikipedia.org, "IaaS", http://en.wikipedia.org/wiki/Infrastructure_as_a_service

[6] Wikipedia.org, "PaaS", http://en.wikipedia.org/wiki/Paas

[7] Wikipedia.org, "SaaS", http://en.wikipedia.org/wiki/Software_as_a_service

[8] Strategie architetturali per il "Long Tail", http://msdn.microsoft.com/it-it/library/aa479069.aspx

[9] SaaS-Attack White Paper, "SaaS - Application Classification", http://www.saas-attack.com/SaaSDesign/SaaSArchitecture/tabid/183/Default.aspx (*è necessaria la registrazione*)

[10] Wikipedia.org, "Hub and Spoke", http://it.wikipedia.org/wiki/Hub_and_spoke

[11] Wikipedia.org, "Publish/Subscribe", http://it.wikipedia.org/wiki/Publish/subscribe

[12] Wikipedia.org, "Model-View-Controller", http://it.wikipedia.org/wiki/Model-View-Controller

[13] Wikipedia.org, "Service-oriented_architecture", http://it.wikipedia.org/wiki/Service-oriented_architecture

[14] "Cloud computing is a trap, warns GNU founder Richard Stallman", http://www.guardian.co.uk/technology/2008/sep/29/cloud.computing.richard.stallman

[15] Wikipedia.org, "Richard Stallman", http://it.wikipedia.org/wiki/Richard_Stallman

[16] "Salesforce Annual Run Rate Tops $1.2B", http://gigaom.com/2009/10/13/salesforce-annual-run-rate-tops-1-2b-benioff/

[17] Data Liberation Front, http://www.dataliberation.org/

[18] "Widgets and the Apps Dilemma for Smartphones, Netbooks, Media Tablets, and Connected Mobile Devices", http://www.abiresearch.com/research/1003385

[19] Nicholas Carr, "IT doesn't Matter", Harvard Business Review, maggio 2003, http://www.roughtype.com/archives/2007/01/it_doesnt_matte.php

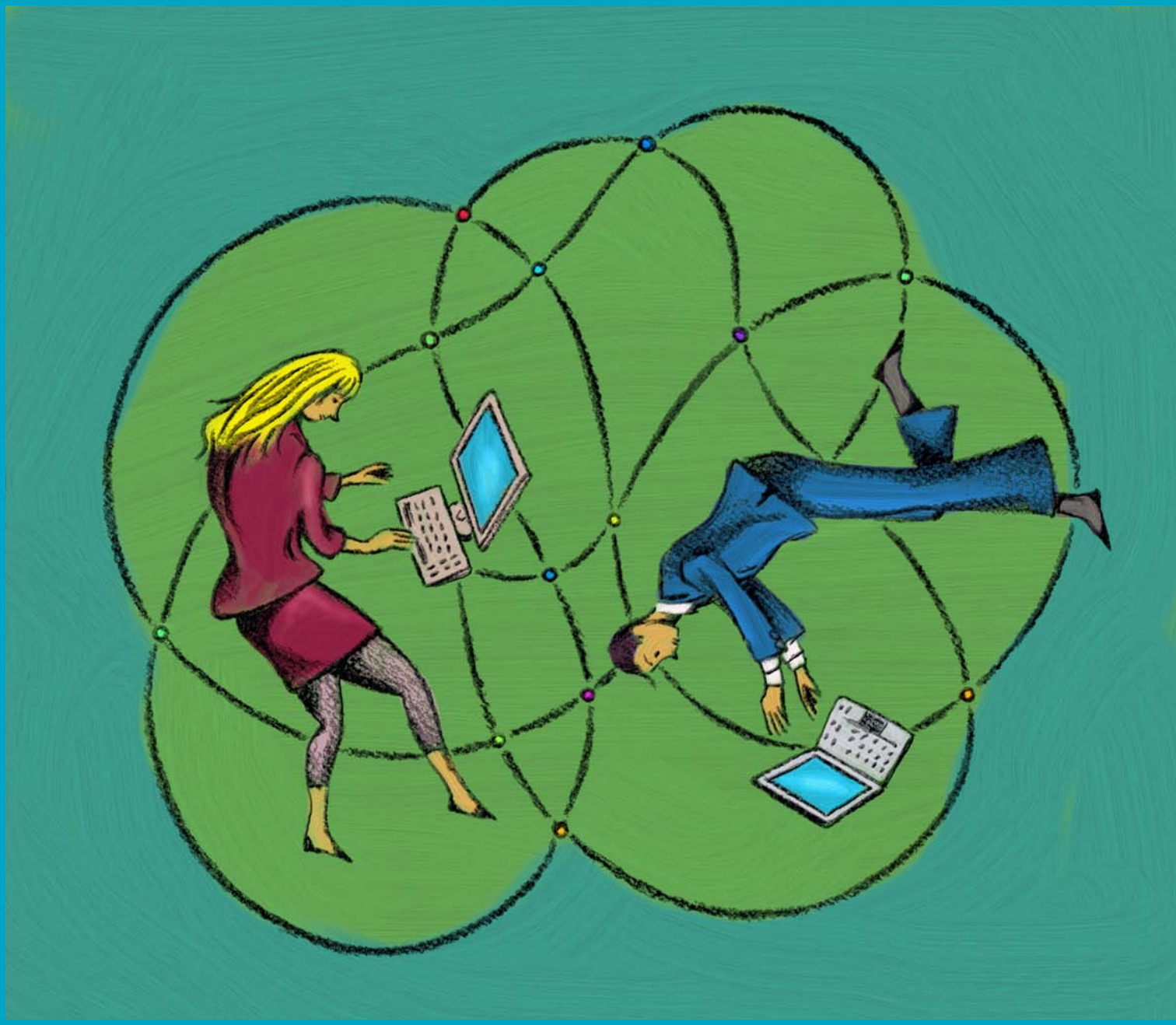
[20] Nicholas Carr, "Il lato oscuro della rete: libertà, sicurezza, privacy", Rizzoli, 2008

[21] G. Montalbano, C. Tiano, F. Valant, "Cloud Computing: le soluzioni di Telecom Italia", Notiziario Tecnico Telecom Italia, Anno 20, Num. 1, 2011

Giovanni Lofrumento
Laureato in Scienze dell'informazione, entra in Azienda nel 1985 per partecipare ai progetti ESPRIT della Comunità Europea e allo sviluppo di servizi di telecomunicazioni. Nel 1989 è docente alla Scuola Superiore G. Reiss Romoli. Dal 2000 al 2009 continua la sua attività nella formazione e nella consulenza per conto di Telecom Italia Learning Services e successivamente di TILS e, nel 2010, entra in Telecom Italia HR Services nella Service Unit Formazione. Durante la sua attività professionale ha acquisito una vasta esperienza nel settore dell'Information & Communication Technology, ha scritto articoli per riviste e ha presentato lavori a convegni nazionali e internazionali.

CLOUD COMPUTING: LE SOLUZIONI DI TELECOM ITALIA

Guido Montalbano, Cataldo Tiano, Fabio Valant



Il Cloud Computing rappresenta un modello di servizio in grado di semplificare la vita delle imprese pubbliche e private, svincolandole dalla gestione degli aspetti informatici, poiché comprende l'insieme di infrastrutture e applicazioni che permettono l'utilizzo di risorse hardware e software distribuite in remoto che possono essere utilizzate su richiesta, senza che il cliente debba dotarsene internamente. La fruizione di tali servizi può avvenire anche attraverso postazioni di lavoro "thin", cioè terminali a basso costo dotate di minima capacità elaborativa e di memoria.
Le tecnologie di Cloud Computing, basate sull'utilizzo di risorse computazionali messe a disposizione dai Data Center, permettono l'erogazione di un servizio sicuro e flessibile mirato alla fornitura di infrastrutture e risorse di calcolo, di hardware, di software e di rete tagliate sulle esigenze dell'utente finale e in grado di ospitare le sue applicazioni, con logiche di tariffazione che possono essere basate sull'effettivo utilizzo dei servizi offerti.
In sintesi il Cloud Computing abilita un nuovo modo di "*fare informatica*" per le aziende; in questo articolo si spiega come Telecom Italia intenda essere leader anche in questo settore.

1 Cosa si intende per Cloud Computing

Tra le molte definizioni che sono state formulate per descrivere questa nuova direzione verso la quale il mondo dell'Information Technology si sta muovendo, è interessante riportare e commentare la definizione fornita dal NIST (*National Institute of Standards*, Information Technology Library): "*Cloud computing is a model for enabling convenient, on-demand network access to a shared pool of configurable computing resources (e.g., networks, servers, storage, applications, and services) that can be rapidly provisioned and released with minimal management effort or service provider interaction*".
In questa definizione sono sintetizzate le *cinque fondamentali caratteristiche che caratterizano una Cloud*:

- **On-demand Self Service**: l'utilizzatore dei servizi cloud può richiedere delle risorse informatiche (calcolo, storage, servizi applicativi), in relazione alle effettive necessità, senza alcun coinvolgimento umano del fornitore di servizi;
- **Broad network access**: la rete è componente essenziale del servizio, permettendo l'accesso a risorse centralizzate e remotizzate e non direttamente disponibili fisicamente: senza di essa il Cloud Computing non potrebbe essere fornito adeguatamente;
- **Resource pooling**: le risorse rese disponibili dal fornitore del servizio sono rese disponibili ed erogate attraverso un modello *multi-tenant* (più utilizzatori condividono in modo sicuro la stessa risorsa fisica). Le risorse fisiche e virtuali sono assegnate dinamicamente secondo le reali esigenze degli utilizzatori, e nel rispetto degli SLA contrattualizzati;
- **Rapid Elastic**: le risorse possono essere fornite in modo elastico, veloce e automatico, permettendo all'utilizzatore una veloce scalabilità verso l'alto (*scale-up*) o in orizzontale con l'aggiunta di nuovi server (*scale-out*), in relazioni alle reali esigenze. L'utilizzatore pertanto può in modo semplice ed immediato riconfigurare le proprie risorse;
- **Mesured Service**: l'utilizzo delle risorse utilizzate (computing, storage, banda) può essere misurato e controllato in modo trasparante sia al fornitore sia all'utilizzatore, permettendo pertanto di far pagare sulla base dell'effettivo utilizzo delle risor-

se e quindi consentendo al business di mantenere livelli di disponibilità estremamente elevati.

Il *cloud computing genera pertanto per gli utilizzatori vantaggi* in termini di:

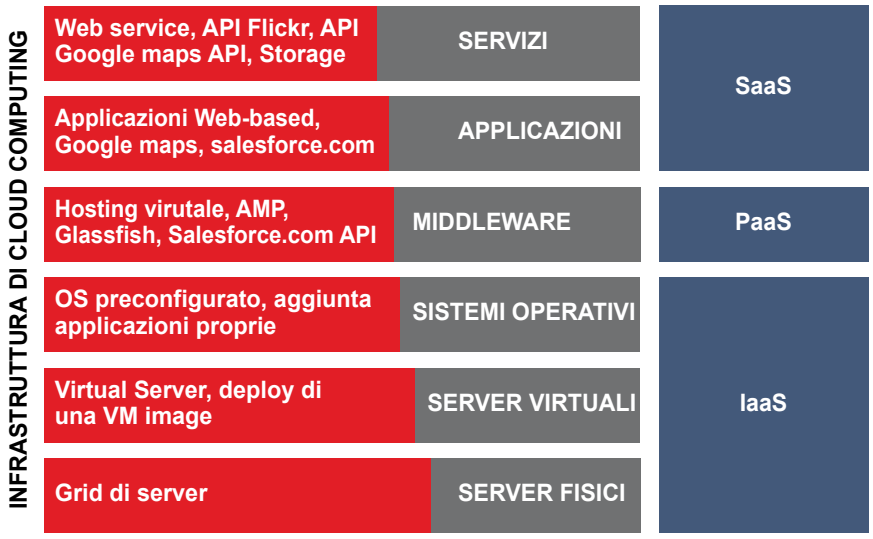
- **maggiore efficienza**: possibilità di contenere i costi dell'infrastruttura IT (oltre il 40-50%), con possibilità di aumentare la capacità, dinamicamente (e quindi sulla base dell'effettivo bisogno) senza investimenti in nuove infrastrutture e senza pianificarne l'impiego con largo anticipo;
- **maggiore efficacia**: l'azienda può essere così più incisiva nei processi correlati al suo core business attraverso un più efficace *time-to-delivery* e *time-to-market*.

Il Cloud Computing permette quindi di poter rendere disponibili come servizio per il Cliente risorse informatiche (applicative o infrastrutturali), attraverso i seguenti modelli di servizio:

- **IaaS** (***Infrastructure-as-a-Service***): consiste nelll'utilizzo di risorse hardware in remoto. Le risorse sono utilizzate su richiesta nel momento in cui un cliente ne ha bisogno, non sono assegnate a prescindere dal loro utilizzo effettivo (Virtual Server, Virtual Storage, ...);
- **SaaS** (***Software-as-a-Service***): si stratta di applicazioni esposte al cliente finale come un servizio e implementate sull'infrastruttura del fornitore di servizi che è responsabile dell'assemblaggio di tutte le risorse HW e SW;
- **PaaS** (***Platform-as-a-Service***): ambiente distribuito destinato allo sviluppo di applicazioni, testing, deployment e runtime disponibile da remoto in modalità "as a service" senza l'installazione di alcun software sul sistema del cliente finale.

Con un approccio basato sul Cloud Computing le risorse informatiche e le applicazioni aziendali quindi non sono eseguite localmente, ma in un centro dati condiviso, in modo trasparente e sicuro, con altri utenti, con cui vengono però suddivisi i costi. Quando un'applicazione è gestita a livello di Cloud si possono virtualmente azzerare tutti gli investimenti in Capex e ridurre fortemente gli Opex, perché tutto ciò che serve viene messo a disposizione dal provider, a cui è sufficienti accedere per personalizzare il servizio IT che serve per il proprio business ed iniziare a fruirne.

Figura 1 - Modelli di servizio



Ma nel momento in cui tutte le risorse infrastrutturali del cliente sono rese disponibili dal Cloud, il Cliente vuole gestirle con la stessa libertà e flessibilità che avrebbe se fossero fisicamente presenti nella propria rete.

Ecco perché assume importanza un'altra categoria di servizi denominata NaaS (*Networking as a Service*), ovvero l'insieme di servizi di networking che consentono al Cliente da remoto di poter costruire e gestire in modo indipendente la propria infrastruttura remotizzata: e quindi la possibilità di gestire una vera e propria LAN, definendo dei livelli di segregazione del traffico (quindi possibilità di separe front-end dal back-end tramite una DMZ) grazie all'attivazione di propri Firewall o livelli di NAT (*Network Address Traslation*) gestiti in autonomia.

Ci si può chiedere se il Cloud Computing non sia una "moda" passeggera. Questo è un pericolo insito in tutte le tecnologie emergenti ma in questo caso gli economics sono concreti e diversificati e vanno tutti nella direzione di favorirne diffusione ed adozione.

Un altro elemento abilitante per il Cloud Computing è la tecnologia di virtualizzazione che permette di "affettare" un potente server in tanti server virtuali meno potenti, ma tutti logicamente autonomi e separati dal punto di vista della sicurezza. Con l'evoluzione delle tecnologie di virtualizzazione dei sistemi informatici e dei middleware di gestione, si sta assistendo ad un nuovo ciclo nell'informatica che apre scenari interessanti per le aziende, con notevoli vantaggi in termini di investimenti e costi gestionali.

Col termine Virtualizzazione pertanto si indica la possibilità di potere astrarre alcuni servizi IT dalle rispettive dipendenze (reti, sistemi di storage e hardware), abilitando l'esecuzione di più sistemi operativi virtuali su una singola macchina fisica che, pur tut-

tavia, rimangono distinti dal punto di vista logico. Il sistema operativo "ospitante" (l'*host*) crea di fatto una sorta di hardware partizionato eseguendo più sistemi operativi "ospiti" (i *guest*). La parte inferiore dello *stack* software è occupata da una singola istanza di un sistema operativo ordinario che è installato direttamente sul server. Sopra di questo, un *layer* di virtualizzazione gestisce il reindirizzamento e l'emulazione che va a sua volta a comporre il computer virtuale. La combinazione di questi due *layer* inferiori è quindi definita *host*. Quest'ultimo fornisce le varie caratteristiche del computer fino al livello del BIOS ed è in grado di generare macchine virtuali (e indipendenti) a scelta, basandosi sulle configurazioni definite dall'utente. Come i server fisici anche quelli virtuali sono ovviamente inutili fintanto che non vi si installa un sistema operativo, ovvero i guest, i quali penseranno di avere tutta la macchina per sé, ignorando l'esistenza degli altri.

2 Un nuovo modo di fare l'informatica... semplificazione

Le aziende di tipo industriale basano il loro successo anche sul rendere sempre più efficienti le risorse impiegate per focalizzarsi sulle attività core delle imprese.
Nell'ambito di questo sforzo di concentrarsi sulle capacità distintive della propria attività, il Cloud Computing si pone come leva per cogliere l'opportunità di accedere a risorse IT costose e know how specialistico. Soprattutto per le Piccole e Medie Imprese il paradigma del Cloud può quindi costituire un'importante leva strategica, potendo dotarsi di infrastrutture IT tipiche di grandi aziende, garantendo però la flessibilità e la struttura dei costi tipica delle aziende piu piccole.
Di seguito si forniscono alcuni scenari di utilizzo del Cloud che consentono alle aziende di ottenere dei benefici misurabili in termini di flessibilità e riduzione dei costi operativi.

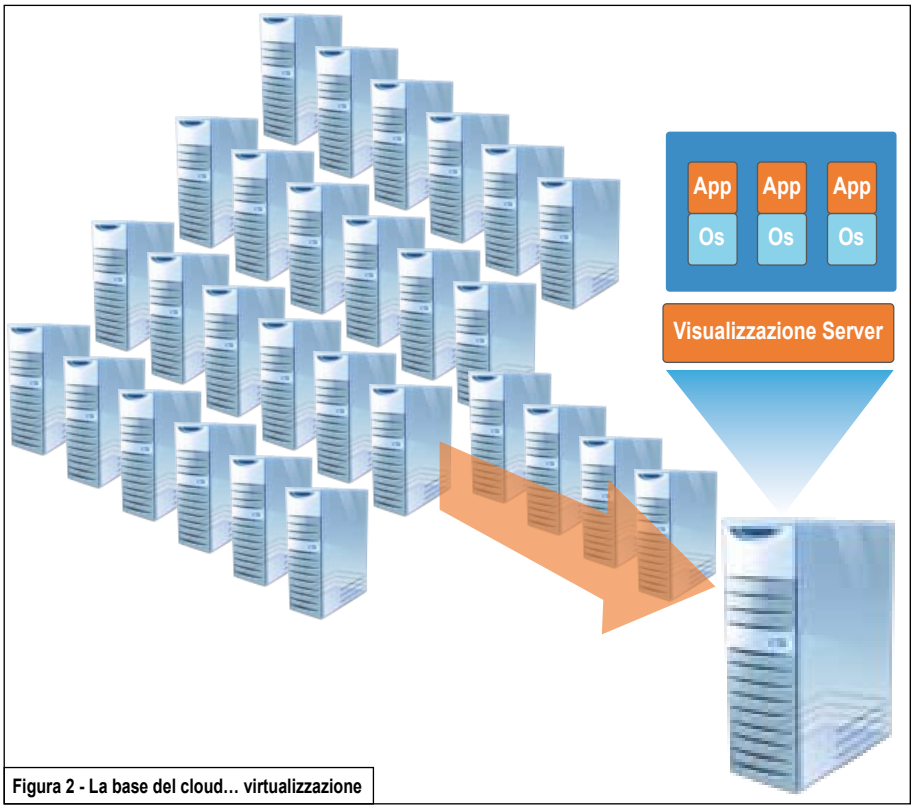


Figura 2 - La base del cloud... virtualizzazione

2.1 Server & Desktop Virtualization

Le soluzioni di *hardware virtualization* consentono di adottare un modello di implementazione *one-to-many*, con notevoli vantaggi in termini di semplificazione delle postazioni di lavoro, gestione del parco terminali hardware e degli aggiornamenti software, con evidenti risparmi in termini di costi (*hardware, maintenance, help desk support, application provisioning and patching, unplanned downtime, change management*).
Il *Virtual Server* è pertanto una macchina virtuale, col proprio sistema operativo (Windows o Linux), ospitata nell'infrastruttura di virtualizzazione del datacenter, con le proprie applicazioni che si comporta in tutto e per tutto come un PC fisico. Per accedere da remoto al desktop virtuale si utilizza un dispositivo locale, tipicamente un thin client (ovvero PC molto snelli, con modeste capacità computazionali o di storage), che non possiedono un vero e proprio sistema operativo, ma solo informazioni di rete basilari per potere comunicare con l'infrastruttura centralizzata e un programma di remotizzazione del desktop, ovvero un client software che interpreta il protocollo di remotizzazione e comunicazione col server centralizzato. Si tratta quindi di un dispositivo che non va configurato e che si può sostituire in ogni momento e che ha un costo molto limitato, se confrontato con quello di un PC o Server tradizionale.
I vantaggi derivanti dall'adozione di scenari basati su l'utilizzo di Server e PC virtualizzati sono:

- l'utilizzatore finale ha a disposizione un ambiente di lavoro uguale in tutto e per tutto a quello di un comune PC o di un server;
- non vi è alcuna modifica delle applicazioni che possono essere ospitate: si tratta a tutti gli effetti di sistemi di computing che consentono di ospi-

tare tutte le tipologie di applicazioni pensate per essere eseguite all'interno di un sistema operativo (Windows o Linux che sia);
- gli amministratori possono consentire agli utenti di installare applicazioni, personalizzare il loro ambiente di lavoro e utilizzare stampanti locali e dispositivi USB, come se si trattasse di hardware fisico, dal momento che i software di remotizzazione consentono di controllare le porte USB del dispositivo locale utilizzato (thin client o PC obsoleto);
- miglior supporto agli utenti grazie alla possibilità di eseguire operazioni di manutenzione senza dover essere fisicamente presenti nel luogo oggetto di intervento.

Tra i vantaggi citati, l'aspetto sicuramente più interessante è nella semplificazione degli aspetti di gestione. La virtualizzazione consente di potere snellire e razionalizzare tutti processi di gestione perché consente:
- **gestione unica e centralizzata delle postazioni di lavoro** soprattutto in termini di applicazioni (unico template ed unica installazione);
- **risparmi in configurazione e manutenzione**, poiché non sono più necessari interventi on-site sia per la risoluzione di problemi di natura applicativa, sia per la manutenzione dell'hardware (se un thin client non funziona, basta sostituirlo senza alcuna configurazione);
- **indipendenza della postazione dall'utilizzo** (es. diversi *virtual desktop* per una stessa postazione, con conseguente facilità di mobilità interna del personale);
- **vita operativa dei thin client più lunga dei normali PC**; il rischio di obsolescenza è annullato dal fatto che il rilascio di una nuova versione del SW comporta solo la ridistribuzione di un nuovo virtual desktop, ma non cambia la modalità di accesso ad esso, e quindi non si hanno impatti specifici sull'hardware al variare del rilascio di nuove release software);
- **ripristino delle macchine virtuali in tempi immediati**;
- garanzia di continuità operativa per i server ed i desktop grazie ai meccanismi di alta affidabilità realizzati nei Data Center dei Provider.

2.2 Cloud Storage

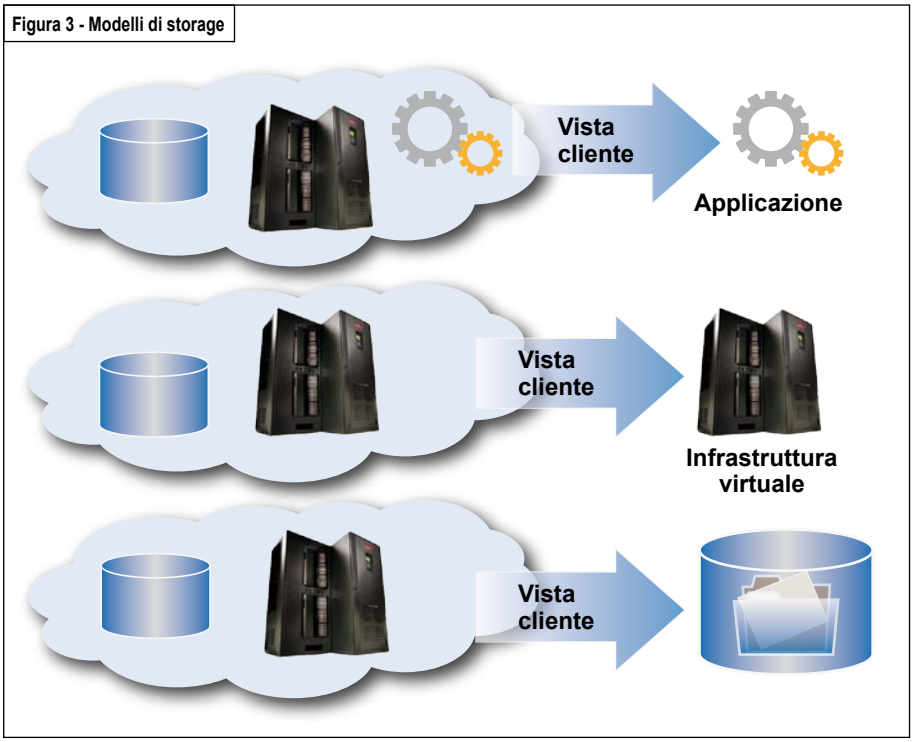
Il Cloud Storage rientra nella categoria delle piattaforme IaaS (*Infrastructure as a Service*) per l'erogazione di spazio storage come "servizio". Normalmente si può parlare di Cloud Storage se lo "spazio disco " è posizionato in un Data Center pubblico o privato, separato dallo storage primario ed è implementato usando SOA (*Service Oriented Architecture*). Ovviamente deve essere acceduto "*as a service*" direttamente "*as blocks or files*", o indirettamente attraverso applicazioni che sono co-locate con lo storage stesso. Non va confuso con Cloud Computing dove invece, sono i virtual server ad essere acceduti "*as a service*".

Le caratteristiche principali del Cloud Storage sono:
- ***elastic*** il cliente può aumentare o ridurre il proprio spazio on-demand;
- ***pay per use*** si paga solamente lo spazio utilizzato;
- ***accesso via internet*** attraverso protocolli standard (Soap, Rest, Nfs, Cifs);
- ***multi tenant*** condivisione delle risorse fisiche tra più clienti.

Riveste particolare importanza la modalità di accesso mediante i protocolli web REST/SOAP, che si sta affermando come standard di mercato, essendo la modalità primaria fornita da tutti i provider.

Dal punto di vista del "cliente" abbiamo quindi tre modalità di fruizione dello *Storage in the Cloud*:
- **Application Clouds**: Il servizio erogato in modalità Cloud è un'applicazione. L'infrastruttura storage utilizzata è trasparente al cliente finale es. DropBox[1].
- **Computer Clouds**: viene offerto un

Figura 3 - Modelli di storage



1 *http://www.dropbox.com/*

server virtuale. Anche in questo caso l'infrastruttura storage è trasparente al cliente finale
- **Network Storage Clouds**: in questo caso viene offerto uno storage di rete. Lo storage viene visto come locale anche se erogato attravero il Cloud, o come spazio da accedere mediante Web Services.

3 L'infrastruttura abilitante

Già dal 2008 Telecom Italia ha avviato il programma NGDC (*Next Generation Data Center*) che ha portato alla realizzazione di un'infrastruttura robusta costituita da un numero minore rispetto al passato di server fisici, sui quali sono ospitatati la quasi totalità dei sistemi di gestione, con il duplice obiettivo di consolidare le infrastrutture IT, riducendone in maniera strutturale i costi di gestione e la spesa per nuovi sistemi ed allineare le capabity IT agli obiettivi di Business.

Ciò ha portato a progettare dei nuovi data center che, sfruttando in modo efficiente i benefici delle tecnologie di virtualizzazione, ha portato ad un contenimento degli spazi, dei consumi e costi in termini di gestione ordinaria.
I principali obiettivi del programma NGDC sono stati quelli di ridurre CAPEX e OPEX attraverso il consolidamento di 12.000 server in 2.000, realizzare Server Farm altamente standardizzate, sicure, affidabili e scalabili adatte anche ad applicazioni commerciali in un contesto di core business, incrementare l'efficienza nell'utilizzo delle risorse elaborative da una media del 30% ad oltre il 90% grazie alla virtualizzazione ed alla condivisione delle risorse e, infine, comprimere i tempi di delivery dell'infrastruttura da mesi a giorni/minuti grazie all'automatizzazione ed alla reingegnerizzazione dei processi.
Telecom Italia, forte dell'esperienza fatta per la gestione della proprio infrastruttura interna, ha fatto evolvere i propri Data Center per poter portare sul mercato soluzioni che consentono di porre i basamenti dell'offerta di Cloud Computing chiamata Nuvola Italiana.

4 Nuvola Italiana

Nuvola Italiana è l'offerta di Cloud Computing di Telecom Italia, indirizzata al mercato delle aziende e che indirizza le esigenze variegate dei clienti sia della Piccola e Media Impresa (Ospit@Virtuale), sia delle grandi aziende (Hosting Evoluto), fornendo così una risposta adeguata, in linea con le aspettative del mercato a 360 gradi.

4.1 Posizionamento dell'offerta

Non competizione ma complementarietà per servire a 360° il mercato dell'ICT Italiano. Le due offerte

Figura 4 - Architettura logica di un piattaforma di Cloud Storage

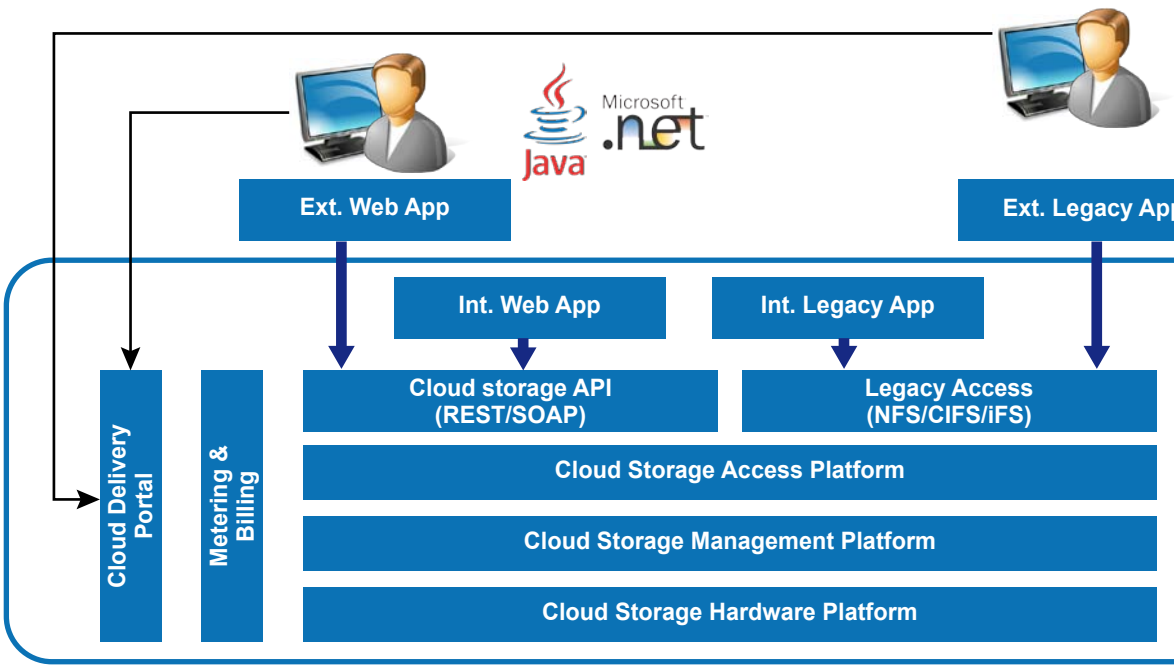


Figura 5 - La Nuvola di Telecom Italia

Ospit@Virtuale ed Hosting Evoluto, pur basandosi sulla stessa piattaforma (NGDC), nascono per rispondere ad esigenze diverse.

Snella, rapida, completamente automatizzata nel delivery e con gestione a carico del cliente **Ospit@Virtuale** nasce per rispondere alle esigenze della Piccola e Media Impresa. Flessibile, completa, con alte capacità di customizzazione, gestita e con SLA management, con necessità di una fase di progettazione "*ex ante*" Hosting Evoluto nasce invece per indirizzare le esigenze di aziende Enterprise e Top. Con la prima competono le offerte di Aruba, Hosting Solutions, etc. con la seconda invece le offerte di Infrastructure Outsourcing di IBM, HP, T-System, ecc.

4.2 Ospit@Virtuale

Ospit@ Virtuale è l'offerta di Cloud Computing IaaS (*Infrastructure as a Service*) di Nuvola Italia indirizzata al Mercato delle Piccole e Medie Imprese Italiane. Con tale servizio si sposta il focus delle aziende, dal classico "possesso" di un server, impiegato per ospitare le proprie informazioni ed applicazioni, "all'utilizzo" di risorse di calcolo e spazio disco, capaci di eroga-

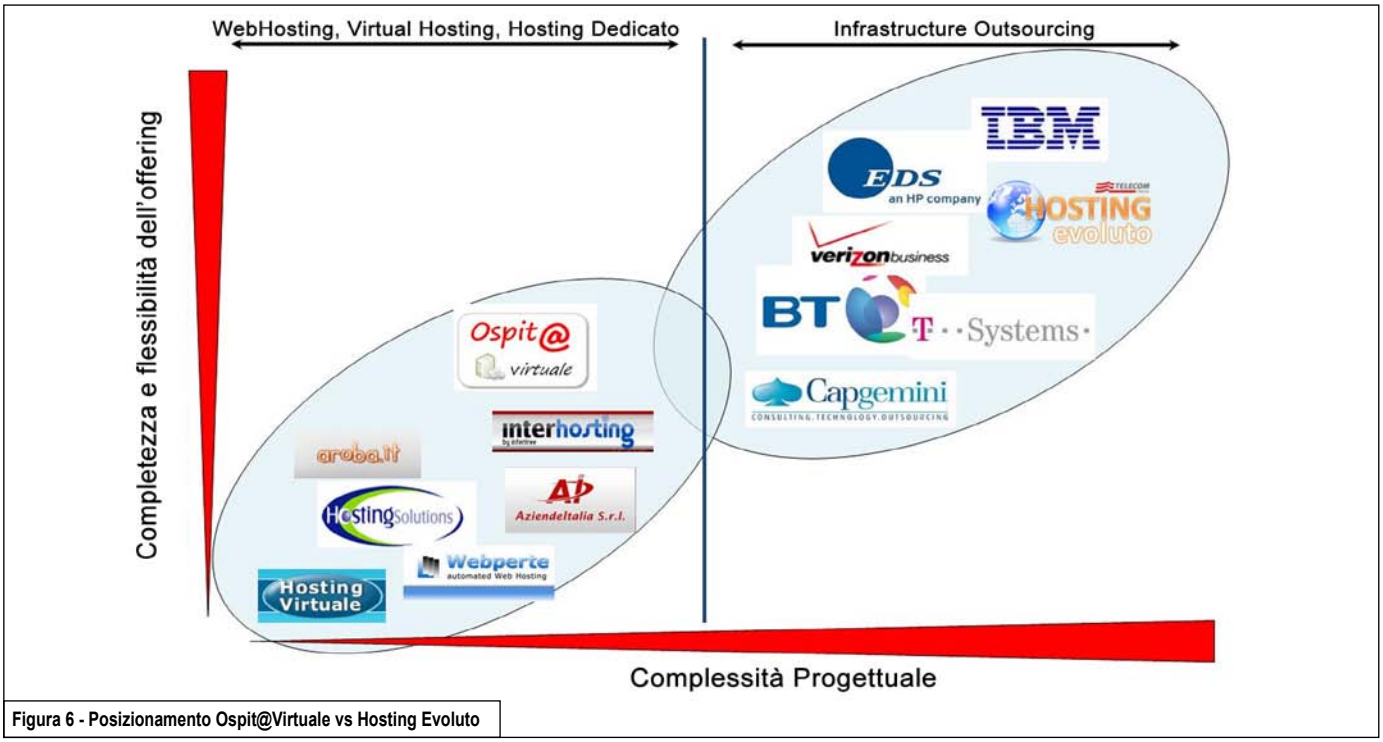


Figura 6 - Posizionamento Ospit@Virtuale vs Hosting Evoluto

re le stesse funzionalità dei server tradizionali (Web Server, File Server, Mail Server), raggiungibili tramite semplici collegamenti a larga banda.
Con Ospit@ Virtuale i server dei clienti vengono "virtualizzati" nei Data Center di Telecom Italia, utilizzando tecnologie in grado di fornire in tempo reale la capacità elaborativa richiesta dalle applicazioni, grazie alla condivisione, in massima sicurezza, delle risorse hardware rappresentate dalle piattaforme estremamente potenti ed affidabili.
Con tale approccio le aziende riescono a superare i limiti strutturali dei server, che sono legati principalmente a tre fattori: costi, obsolescenza e rigidità, data in genere dalla bassa attitudine dei server fisici di adattarsi alla domanda di capacità di applicazioni aziendali connaturate ad eventi ricorrenti ma limitati nel tempo (es. paghe e contributi). Il Servizio è composto da 8 profili differenziati sulla base di Prestazioni (mono processore o biprocessore), Sistema operativo (Windows o Linux), Connettività (Internet o VPN MPLS).
Tutti i profili sono caratterizzati da velocità di attivazione, gestione autonoma del servizio da parte del cliente (il quale può installare le applicazioni che normalmente utilizza in Azienda), dalla possibilità di fare il backup della macchina virtuale, di ampliare la RAM, spazio disco, banda associati al server (anche per periodi limitati di tempo), e di registrare (o trasferire) un dominio internet di secondo livello (es. *www.nomeazienda.it*).
L'utente può utilizzare la macchina virtuale come se fosse un desktop qualsiasi, direttamente dal suo pc attraverso le funzionalità di RDP (*Remote Desktop*) nel caso di sistema operativo Microsoft o tramite accesso terminale sicuro (ssh) per Linux; l'esperienza di utilizzo pertanto è del tutto simile a quella di un pc o di un server locali con analoghe modalità

Figura 7 - Console web di gestione

Figura 8 - Alcune viste delle funzionalità di gestione rese disponibili dalla console di gestione

di installazione delle applicazioni, di trasferimento dei dati e configurazione degli utenti.
L'aspetto più innovativo, risiede però non tanto nelle componenti tecniche o di funzionamento, ma nel modello di business, che è basato su un programma di qualificazione (Ospit@ 2.0) per l'ecosistema di partner. Questi ultimi vengono integrati all'interno del portafoglio commerciale di **Ospit@ Virtuale** ed entrano a far parte della catena del valore del servizio, affiancando Telecom Italia di fronte al cliente finale. I servizi e le applicazioni dei partner risultano integrati in **Ospit@ Virtuale** nei seguenti aspetti:

- **contratto commerciale unificato**. Il cliente attraverso un'unica firma può sottoscrivere sia la componente infrastrutturale (server virtuale) che quella applicativa;
- **delivery integrato.** I Partner ricevono direttamente dai sistemi di commercializzazione le richieste di lavorazione e sono in grado di operare sui server prima che le credenziali vengano comunicate al cliente;
- **assistenza integrata**. In questo caso i partner affiancano il Customer Care Telecom Italia, nel fornire assistenza al cliente. I gruppi di assistenza dei partner offrono consulenza specialistica sui sistemi e sulle applicazioni fornire e sono in grado di collaborare on-line con il Customer Care di Telecom Italia attraverso una specifica Web consolle, su cui si possono scambiare i ticket e visualizzare lo stato degli interventi passati ed in corso.

Il Cliente inoltre ha la possibilità di accedere ad una console web di gestione progettata e realizzata in modo da essere di intuitivo utilizzo anche a non esperti per consentire la gestione di tutti i principali parametri di funzionamento dei server virtuali.
È infatti, possibile, visualizzare la configurazione del server o dei server amministrati, gestire direttamente il funzionamento del server (accensione/spegnimento/riavvio delle macchine virtuali), gestire il livello di sicurezza e protezione del firewall (che presenta comunque un livello di configurazione base di protezione predefinita), modificare la configurazione del server temporaneamente o definitivamente (RAM, Spazio Disco, Processori, Banda di accesso al server, domini associati), eseguire programmati *backup* e, quando necessario, *restore* delle macchine virtuali, monitorare tutti i parametri di funzionamento (RAM, CPU, Banda, Storage) in tempo reale in modo da poter valutare il livello di saturazione e di efficienza della macchina stessa, tracciare – attraverso la raccolta delle informazioni di monitoraggio – tutte le attività di configurazione e di gestione delle macchine virtuali per poter sapere in qualunque istante quali interventi sono accaduti.
L'amministratore può definire anche il numero di utenti che possono a loro volta accedere alla macchina virtuale o alle applicazioni installate, esattamente come farebbe se dovesse amministrare un'infrastruttura fisica.

4.3 Hosting Evoluto

Hosting Evoluto è la soluzione cloud computing IaaS Nuvola Italiana per le medie e grandi imprese, pubbliche e private.

Hosting Evoluto consente di acquisire le infrastrutture tecnologiche con formula as a service e di fruirle da remoto tramite Internet o rete MPLS (*Servizio Hyperway*):

- con tutte le garanzie di **sicurezza, dimensionamento, aggiornamento** tecnologico;
- con la massima **flessibilità** e **capacità di adattamento** alle esigenze dell'impresa;
- interamente **a costi variabili e scalabili** secondo le esigenze.

L'offerta si presenta con quattro profili: Base, Simplex, Advanced e Complex:

- **Profilo BASE**: per le imprese interessate a servizi di hosting per ambienti non mission critical, con particolare attenzione al contenimento costi.
- **Profilo SIMPLEX**: per imprese interessate a servizi di hosting per ambienti non mission critical, con particolare attenzione al contenimento costi e ad alcune esigenze di system management.
- **Profilo ADVANCED E COMPLEX**: per aziende che necessitano di elevati livelli di performance e di servizio per la gestione in hosting di ambienti mission critical, con controllo dei Service Level Agreement.

Per ogni profilo è poi possibile scegliere il più appropriato Bundle di Servizi secondo il seguente schema:

- **Bundle Help Desk & Operation**, che include servizi di Customer Service, Gestione Operativa, Servizi di Storage e Security;

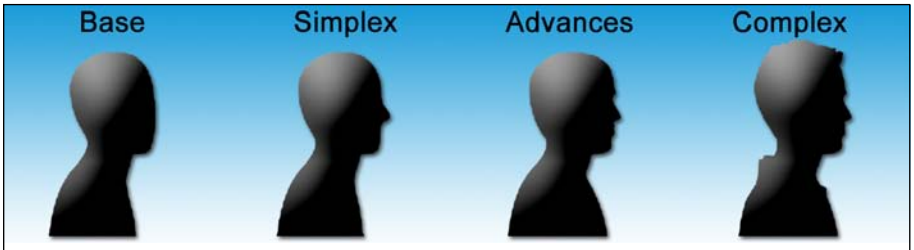


Figura 9 - Hosting Evoluto: Profili di offerta

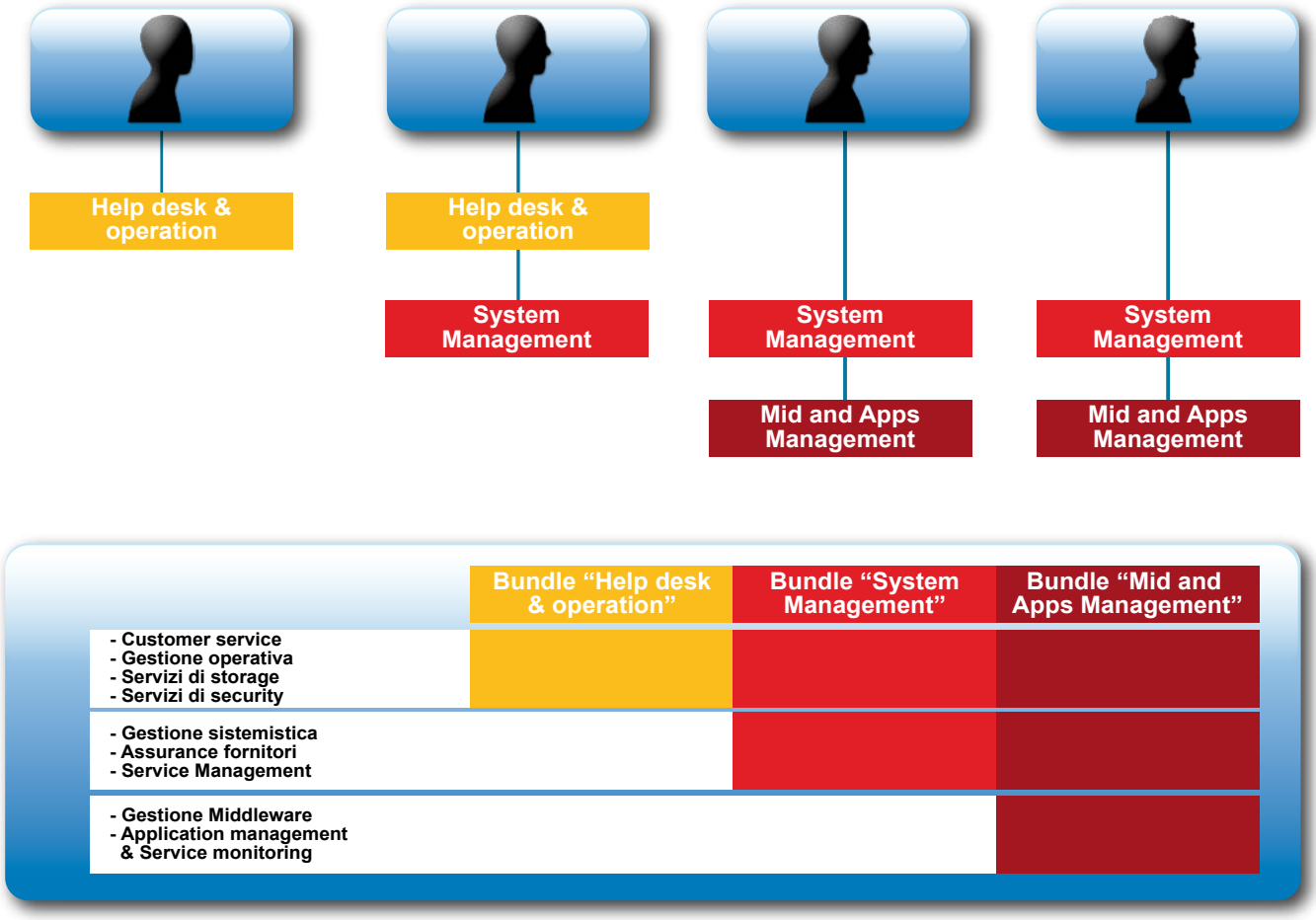


Figura 10 - Bundle servizi di gestione

- **Bundle System Management**, che aggiunge al precedente i servizi di Gestione Sistemistica, l'Assurance Fornitori e il Service Management;
- **Bundle Middleware & Application Management**, che aggiunge ai due insiemi precedenti di servizi anche la Gestione del Middleware, l'Application Management e il Service Monitoring.

Profili e Bundle Servizi si incrociano secondo lo schema della Figura 10.
Così per il *Profilo Base* avremo il solo *Bundle HelpDesk & Operation*, mentre per il *Profilo Simplex* potremo scegliere tra il *Bundle Help Desk* e il *Bundle System Management*, e così via per gli altri profili.
Dal punto di vista della flessibilità i bundle dei Servizi di Gestione sono configurati su base oraria standard oppure possono essere configurati con alcune estensioni orarie che vengono di seguito riportate, valide su ciascuno dei profili dell'offerta Hosting Evoluto.
I Servizi inclusi nei bundle sopra descritti si inquadrano in un modello di gestione delle attività di IT Service Management in linea con gli standard di mercato ITIL (*Information Technology Infrastructure Library*), ovvero una collezione di "Best Practice" indirizzate a migliorare e a rendere più efficace ed efficiente la gestione dei servizi erogati che permette di definire le linee guida su cui organizzare un miglioramento continuo dell'erogazione dei servizi IT erogati, base su cui è stato definito lo standard ISO20000.

Figura 10 - Coperture orario dei servizi di gestione

ORARI DI SERVIZIO			
Standard (*Lun-Ven 8-18*)	**Extended** (*Lun-Ven 8-22*)	**Saturday** (*Lun-Ven 8-22 Sab 8-14*)	**No Stop** (*0-24 x 365*)

L'infrastruttura modulare modulare mette a disposizione due tipologie di server:

- **Virtual Server**: server virtuali su infrastrutture hardware condivise tra più Clienti. Le tecnologie di virtualizzazione e tipologia di hardware sono le seguenti:
  - ***SUN Container*** su LDOM (processore SUN T2).
  - ***SUN LDOM*** (processore SUN T2).
  - ***IBM LPAR*** (processore IBM Power5 e Power6).
  - ***VirtualMachine x86 Vmware ESX*** 4.0 (vSphere) (Intel Xeon).
- **DH - Dedicated Hosting**: server fisici ad uso esclusivo del Cliente. Tali componenti consentono di supportare specifiche esigenze per le quali la soluzione VS (*Virtual Server*) non risulta applicabile (ad esempio scalabilità verticale eccedente i limiti tecnologici della VS, non compatibilità del sw o altro). Le piattaforme operative che vengono supportate, in termini di hardware sono le seguenti:
  - SUN System Domain Sparc 64-VII.
  - Server x86 (Intel Xeon).

Ogni server è configurabile su una o più vLAN dedicate al cliente (configurate su schede di rete differenti), per garantire la massima sicurezza e riservatezza dei dati e offrire la possibilità di configurare server aggiuntivi sulla stessa vLAN (virtual LAN) al fine di creare un vero e proprio DC virtuale. Si possono configurare vLAN con accesso internet (con o senza natting), vLAN MPLS e vLAN private per comunicazioni intra-applicazioni.
È inoltre possibile definire uno schema di routing tra vLAN secondo le esigenze del cliente. Per tutti i Server Virtuali è disponibile un servizio di backup dati. Tale backup è effettuato tramite il software Legato Networker ed è valorizzato in funzione del numero di GB da salvare e delle policy. Ogni Server Virtuale ha inoltre il suo spazio disco che può essere fruito su NAS o SAN con due diverse classi di servizio: **Silver** (meccaniche SATA/FATA Disk), **Gold** (meccaniche FC/SAS Disk).
Lo storage offerto è configurato con protezione RAID5.

5 L'evoluzione della Nuvola

Nuvola Italiana è un programma che si andrà arricchendo nel tempo con nuove offerte al passo con i tempi e con la tecnologia. Nel corso del 2011 saranno annunciati quattro principali filoni d'offerta:

- nuove modalità dell'offerta Hosting Evoluto;
- la prima piattaforma di Cloud Storage di TI;
- la prima piattaforma per servizi di Virtual Desktop;
- l'arricchimento del portafoglio di Ospit@ Virtuale.

Ma vediamoli un pò più nei dettagli.

5.1 Hosting Evoluto si arricchisce

L'attuale offerta Hosting Evoluto sarà rinominata e suddivisa in due nuove offerte:

- Flat managed;
- Flat un-managed (quest'ultima con una nuova console di controllo per il cliente).

Verranno inoltre introdotte tre nuove modalità:

- *HE On Demand*: per garantire la massima flessibilità di riconfigurazione delle risorse in corso d'uso e sarà indirizzata a quei clienti che hanno necessità temporanee di ampliamento di risorse elaborative.
- *HE a Consumo*: che rappresenta una nuova modalità in cui le risorse saranno fatte pagare in parte flat (risorse base) ed in parte a consumo. Questa nuova modalità nasce per ottimizzare ulteriormente la spesa informatica in caso di variazioni molto elevate del workload applicativo.
- *HE Virtual Private Data Center*: *nell'ambito delle offerte un-managed* troverà invece posto questa nuova modalità in cui il cliente potrà accedere ad un "pool" predefinito di risorse attraverso un portale tecnico di servizio. Nell'ambito di questo "pool" il cliente potrà attivare/disattivare, configurare e riconfigurare le risorse a suo piacimento.

5.2 Cloud Storage

La piattaforma di erogazione di servizio di Cloud Storage di Telecom Italia si distinguerà per le seguenti caratteristiche principali:

- **accesso via Web Services SOAP/REST**: non sarà un semplice gateway HTTP, in quanto attraverso i Web Services si potranno gestire applicativamente temi come l'autenticazione, i permessi associati al singolo file, i metadati (proprietà anche custom del file), si potranno creare, modificare, cancellare o "versionare" i file. Tutte funzioni che non sono fornite da un semplice gateway HTTP, ma che richiedono un "Servizio"implementato attraverso i Web Services;
- **interfacce applicative aperte** mediante API pubbliche;
- **indipendenza logica** dello spazio storage rispetto alla locazione fisica ed in grado di gestire la sicurezza e la multi-tenancy tra più utenti della piattaforma condivisa;
- **funzionalità di Erasure coding**: meccanismo di protezione dei dati attraverso ridondanza, dove la protezione viene impostata in base alle caratteristiche del dato (ancora usando le proprietà) consentendo il controllo applicativo sulla protezio-

ne assegnata, senza necessità di integrazioni tra applicazione e tool di gestione HW tradizionali;
- **accesso ad oggetti**: la soluzione non esporrà un file system, ma i contenuti saranno acceduti attraverso un indirizzo univoco.

Sarà disponibile infine una vera e propria Piattaforma di Cloud Delivery: un portale web per la gestione del cliente e la consuntivazione dei consumi, integrato con i sistemi di CRM e Billing già in uso per i clienti Top e Enterprise.

5.3 Hosted Virtual Desktop

La nuova offerta si inquadrerà nell'ambito delle soluzioni di virtualizzazione remota del desktop. Con il servizio **Hosted Virtual Desktop** rivolto ai segmenti di mercato Enterprise e Top Clients, Telecom Italia offrirà la possibilità di virtualizzare i desktop aziendali, trasformandoli in un servizio IT centralizzato e migliorandone la gestione ed il controllo. L'infrastruttura che erogherà il servizio sarà accessibile da Internet o attraverso rete MPLS (con implementazione ad hoc per i Clienti che hanno acquistato il servizio MPLS di Telecom Italia) e permetterà tre diverse modalità di erogazione del servizio:
- **DPP** (*Desktop Personale Persistente*): l'immagine del virtual desktop sarà dedicata e personalizzata per ogni singolo utente e sarà la soluzione più simile al classico pc. L'utente sarà libero di personalizzare il desktop in tutti i suoi aspetti, ma al contempo usufruirà di tutti i vantaggi dei desktop virtualizzati. D'altra parte la gestione (setup, backup, patching ...) andrà fatta su ogni singolo desktop.
- **DPN** (Desktop Personale Non persistente): l'immagine del virtual desktop sarà assemblata al momento dell'uso; in questo caso la maggiore standardizzazione consentirà maggiori vantaggi economici, al contempo l'esistenza di aree dati dedicate ad ogni utente consentirà di mantenere una sufficiente personalizzabilità dell'ambiente. La manutenzione del VDI si semplifica di molto, dato che viene fatta sulla sola immagine master e sulle aree dati utente. Il desktop sarà più simile ad uno strumento di ufficio.
- **DNN** (Desktop Non personale Non persistente): è un caso particolare del DPN dove le applicazioni abilitate saranno uguali per tutti gli utenti e non ci sarà spazio dati personale. Ogni desktop verrà assemblato all'avvio e distrutto a fine sessione, per cui non verrà mantenuta nessuna personalizzazione. Questa soluzione prevederà l'uso del desktop esclusivamente per accedere a procedure predefinite e non consentirà il salvataggio né di dati né di impostazioni personali. In compenso le attività di gestione saranno ridotte all'osso, dato che verranno effettuate sulla sola immagine master.

5.4 Evoluzioni dell'Offerta di Ospit@ Virtuale

Le principali direzioni di sviluppo del servizio si possono raggruppare in due ambiti: l'arricchimento del portafoglio d'offerta ed il Tuning del modello di Go-to Market.
- **Portafoglio** Servizi – Nel corso del 2011 l'offerta si arricchirà di ulteriori elementi infrastrutturali (IaaS), che consentiranno la costruzione di soluzioni innovative ed articolate. Sarà possibile ad esempio accedere ai server in sicurezza tramite VPN ipsec direttamente dalla propria Lan aziendale. Per moltiplicare la velocità di risposta dei siti Web si potranno concentrare e distribuire i flussi di traffico di più server ed ottimizzare il dialogo fra Client e Server di tutte le applicazioni basate su protocolli che normalmente sono pensati per funzionare in Lan e che pertanto, senza particolari accorgimenti, avrebbero impatti prestazionali negativi nell'esperienza di utilizzo dell'utente. Ai clienti con maggiori esigenze in termini di affidabilità ed assistenza verrà offerta la possibilità di sottoscrivere appositi contratti di servizio (SLA), che garantiranno con pagamento di penali per il non rispetto dei parametri di funzionamento.
  I clienti con connettività di tipo Next Generation Network potranno accedere ai server Ospit@Virtuale in logica Lan Extensions, rendendo quindi "la nuvola" un pezzo della propria infrastruttura di rete locale e con l'effetto positivo di poter utilizzare tutte le applicazioni legacy, anche le più datate, senza degradazione della *customer experience* dell'utente finale.
- **Go-to Market** – Nella seconda metà del 2011 verrà completata l'esperienza di acquisto sul sito di Impresa Semplice, abilitando l'attivazione automatica ed in tempo reale dei server di nuovi clienti ed incrementando le possibilità di pagamento del servizio, che verranno affiancati anche dai metodi più vicini al mondo WEB, Carta di Credito, PayPal, Alice Pay. Le aziende già clienti di Ospit@ Virtuale potranno invece ordinare nuove opzioni sul server o nuovi server direttamente tramite la propria WEB consolle.

Conclusioni

Il Cloud Computing è, come trattato, un efficace modello di servizio che consente di abilitare un accesso conveniente e su richiesta a un insieme condiviso di risorse configurabili (come reti, server, memoria di massa,

applicazioni e servizi di networking), distribuite in remoto che comporta per i clienti indubbi benefici in termini di maggiore efficienza nell'uso delle risorse anche di elevate capacità computazionali, trasformazione dei costi per la gestione dell'informatica da fissi a variabili grazie all'azzeramento dei costi iniziali di investimento, eliminazione dei problemi di sovra/sotto dimensionamento. Questi vantaggi sono di notevole interesse per le Aziende che possono così concentrare le loro risorse (economiche e di *effort*) sulle attività core, ed utilizzare l'informatica come una commodity funzionale al raggiungimento dei propri obittivi di business.

Ma lo stesso modello di servizio trova interessanti applicazioni anche in contesti residenziali, per soddisfare le crescenti esigenze di informatica anche del mercato consumer. Infatti la web mail (es. la diffusione di Gmail.com), le raccolte di foto (es. Flickr), la diffusione di contatti sui social network (Facebook, LinkedIn e Twiter ad esempio), i file archiviati su un disco virtuale che fisicamente risiede chissà dove (es. DropBox.com), l'utilizzo via web di applicazioni office (es. GoogleApps), o la presenza di soluzioni di cloud gaming (es. OnLive, che mette a disposizione giochi che girano su cluster di computer e che consente agli iscritti al servizio di giocare, grazie alla banda larga, da remoto) dimostrano come in realtà il cloud computing sia ormai una realtà anche per l'utente privato e rappresenti quindi un modello di erogazione di servizi conveniente ed accattivante anche in questo ambito. Pertanto l'offerta di bundle che prevedono oltre la connettività, sempre più affidabile e a larga banda, anche l'adozione ad esempio di Virtual Desktop, fruiti attraverso terminali a basso costo come i thin client che svincolano l'utente consumer dai problemi di gestione, e di spazio storage di cui poter fruire in modo flessibile e crescente in relazione alle reali necessità (per memorizzare, foto, film, video, dati personali) può rappresentare un'importante possibilità per i Telco&Cloud provider per estendere il proprio mercato di riferimento

■

guido.montalbano@telecomitalia.it
cataldo.tiano@telecomitalia.it
fabio.valant@telecomitalia.it

Acronimi

BIOS:	Basic Input-Output System
CAPEX:	CAPital EXpenditure
CPU:	Control Processing Unit
DNN:	Desktop Non personale Non persistente
DNP:	Desktop Non personale Persistente
DPP:	Desktop Personale Persistente
IaaS:	Infrastructure as a Service
HE:	Hosting Evoluto
HTTP:	HyperText Transfer Protocol
ITIL:	Information Technology Infrastructure Library
MPLS:	Multi Protocol Label Switching
NaaS:	Networking as a Service
NAS:	Network Attached Storage
NAT:	Network Address Traslation
NIST:	National Institute of Standards, Information Technology Library
NGDC:	Next Generation Data Center
OPEX:	OPerating EXpense
PaaS:	Platform as a Service
RAID:	Redundant Array Indipendent Disks
RAM:	Random Access Memory
REST:	REpresentational State Transfer
RDP:	Remote Desktop Protocol
SaaS:	Software as a Service
SAS:	Storage Area Network
SLA:	Service Level Agreement
SOA:	Service Oriented Architecture
SSH:	Secure Shell
VDI:	Virtual Desktop Infrastructure
VPN:	Virtual Private Network
VS:	Virtual Server

Guido Montalbano
Ingegnere Elettronico in Telecomunicazioni, dopo un'esperienza all'estero in STMicroelectronics, entra in Telecom Italia nel 2001 nella funzione TILab - Networking&Switching, occupandonsi inizialmente della progettazione e sviluppo dei servizi di comunicazione avanzata basati sul protocollo IP (VoIP). Dal 2006 si occupa di assicurare l'innovazione delle piattaforme e dei servizi di Information Communication Technolgy (ICT), prevalentemente per il mercato esterno, basati sul paradigma del Cloud Computing.

Cataldo Tiano
Ingegnere Informatico, entra in Azienda nel 1998. Inizialmente ha seguito importanti clienti associativi, confezionando le prime soluzioni IT basate sul modello di erogazione ASP (Application Service Provider). Dal 2000 si è occupato di diversi servizi indirizzati al mercato delle Aziende: ha cominciato ideando innovativi servizi di accesso BroadBand bundlizzati con Posta Elettronica e Sito Web, passando poi a definire le soluzioni di Housing e Hosting (Offerta Data Center Solutions), le soluzioni di Security Device Management (My Security Area) ed infine dal 2009 il primo Servizio di Cloud Computing di Telecom Italia (Ospit@ Virtuale).

Fabio Valant
Ingegneria Meccanica, dopo un'esperienza in IBM, entra in Azienda nel 1995. Attraverso vari ruoli sempre legati all'ambito IT, arriva nel 2005 ad occuparsi di progetti avanzati, impostando nel 2007 il progetto NGDC e la prima piattaforma di mercato di Utility Computing. Dal 2008 oepra nel Techcnical Marketing di Top Client per lo sviluppo dei nuovi servizi ICT.

SCENARI FUTURI NEL MONDO DEI DEVICE CONNESSI

Gianni Fettarappa, Alessandro Perrucci, Stefano Spelta

Con Connected Devices si intendono quei dispositivi della Consumer Electronics (CE) connessi (adsl/wifi) per il mercato consumer/small business.
Partendo dalle macro categorie Connected TV, STB (set-top box), passando per Game Console si aggiungono altri device connessi, che stanno diventando sempre più comuni tra gli utenti come i PC all-in-one, gli streamer o personal HUB con un ruolo centrale nelle nostre case.
Tra i device connessi ci sono anche quelli che nascono con un focus specifico su un servizio al quale si affianca un servizio di connettività (ADSL/WiFi) alla Rete per offrire servizi a valore aggiunto. Tra i dispositivi che hanno seguito questo percorso possiamo citare il lettore MP3, che, da semplice lettore/riproduttore di canzoni digitali in locale (es iPod) è diventato un device con connettività WiFi (iPod Touch) per scaricare da un marketplace (iTunes, App Store) contenuti digitali di qualità a pagamento.
Il trend è che, in futuro, ogni dispositivo sarà connesso alla Rete (Figura 1) per offrire VAS tramite un marketplace online gestito e controllato dal device manufacturer. Dal marketplace l'utente può scaricare applicazioni, giochi, canzoni, video, libri. Il marketplace rappresenta in questo modo il punto di controllo, il cosiddetto control point del costruttore, perché tramite questo luogo di acquisto online, il costruttore riesce a filtrare e selezionare le applicazione proprie o di terze parti e riesce a lucrare una revenue share sulle apps a pagamento.
L'idea di Telecom Italia è comunque quella di mettere il focus sui servizi che potranno essere abilitati dai vari device. Possono esserci servizi generatori di traffico, servizi volano per effetto community, servizi a pagamento ecc, quello che conta è fidelizzare l'utente.

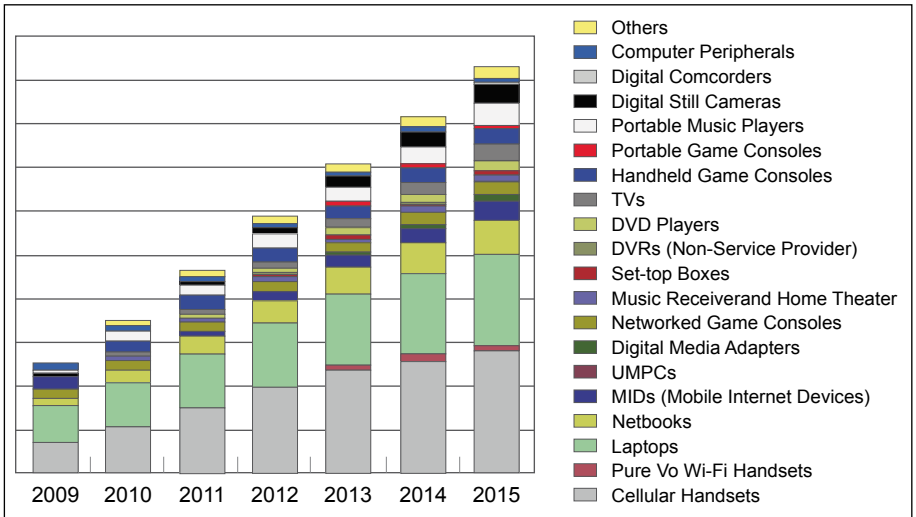
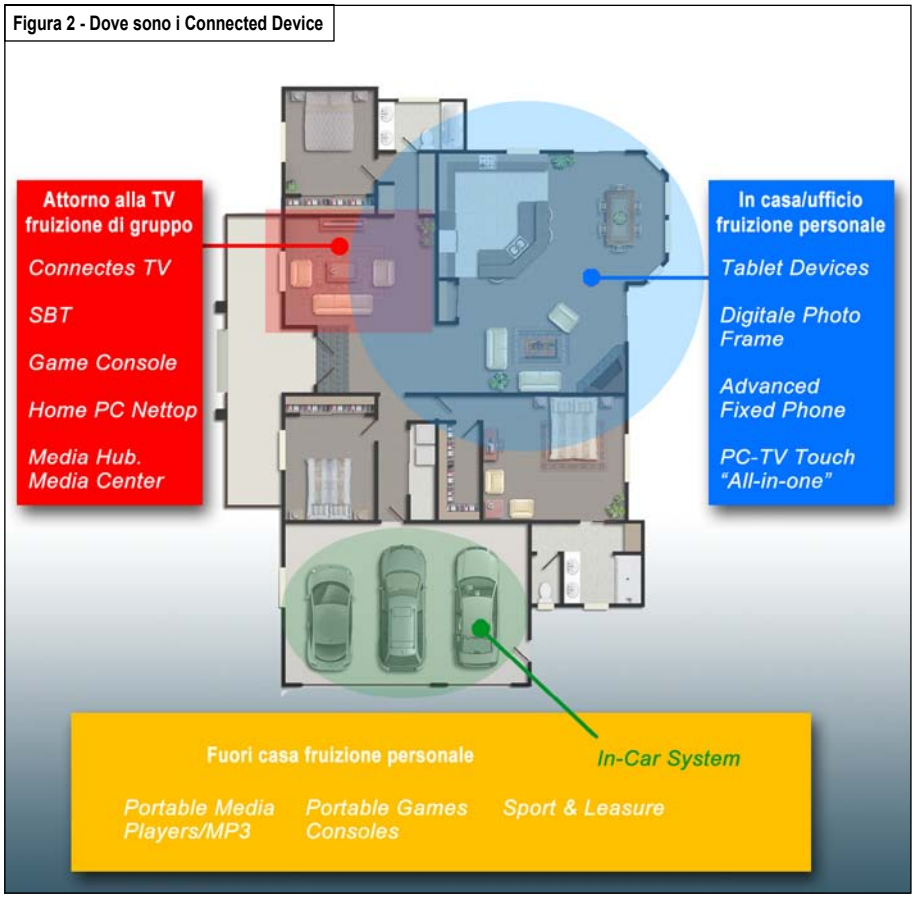


Figura 1 - Trend futuro Mercato WiFi Device, ABI Research

1 Dove sono i Connected Devices?

Volendo fare una classificazione degli attuali connected devices possiamo pensare ad una prima divisione in base al luogo e al tipo di fruizione: attorno alla TV/fruizione di gruppo, in casa-ufficio/fruizione personale, fuori casa/fruizione personale (Figura 2).

Figura 2 - Dove sono i Connected Device



1.1 Attorno alla TV/fruizione di gruppo

In queste contesto troviamo i connected TV, i STB, le Game Console i Media Hub/Media Center e infine gli Home PC Nettop. Tutti dispositivi che hanno anche il telecomando (talvolta opzionale, talvolta incluso) come modalità di accesso. Il cuore di fruizione è attorno alla TV principale di casa in modo da consentire la partecipazione di gruppo.

I "Nettop", sono piccoli computer delle dimensioni di una scatola di biscotti (es Mac Mini, ASUS EeeBox ecc) che offrono potenza sufficiente per la maggior parte degli utilizzi, con ingombro davvero ridotto e adatti ad un posizionamento in salotto anche come Media Center per musica, video, foto, e per trasmettere contenuti HD in streaming. I STB sono device che si affiancano al TV aggiungendogli alcune funzionalità televisive inizialmente non previste come il VOD, lo streaming di contenuti, la riproduzione video/foto, fino all'esecuzione di semplici applicazioni e giochi; complementari troviamo i Media Hub/Media Center, ovvero dispositivi collegati al TV, che permettono di fruire contenuti digitali dematerializzati provenienti o da una rete locale o direttamente da Internet. Fanno parte di questa categoria anche i semplici media streamer (oggigiorno anche dotati di Hard Disk per la memorizzazione in locale), che sono dei lettori multimediali per film, foto, video e musica in streaming dalla home network e dal web. Questi hanno, inoltre, applicazioni embedded per l'accesso ai principali servizi Internet come YouTube, Flickr, Pandora, Facebook, Twitter, Podcast... L'aspetto interessante è che negli USA questi dispositivi consentono, nella maggioranza dei casi, anche un accesso diretto a Netflix, Amazon Video On Demand, Blockbuster per lo stream a pagamento su TV di film, serie Tv, show sia in standard definition, sia in high definition.

1.2 In casa-ufficio/fruizione personale

Questo scenario costituisce l'insieme dei dispositivi che l'utente utilizza principalmente in modo individuale e meno in gruppo; ciò non toglie che si possa condividere la fruizione anche con altri per mostrare contenuti o applicazioni: Tablet Devices, PC-TV Touch "All-in-one", Advanced Fixed Phones e Digital PhotoFrame.

I Tablet Devices, come è ormai noto, sono PC a forma di tavoletta su schermo tattile con connessione alla Rete (Apple iPad, Samsung Galaxy Tab con Android...). Meno noti, ma in forte crescita sul mercato sono i PC-TV Touch "all-in-one", ovvero un PC integrato in uno schermo/display con sintonizzatore analogico e digitale, in grado di trasformare il PC in TV. Il primo dispositivo di questo genere, l'Apple iMac, ha fatto scuola e attualmente tutti i manufacturer hanno a listino un loro PC all-in-one con caratteristiche che vanno dal display touch, alla feature del video 3D full HD (per film, foto e giochi).

Gli Advanced Fixed Phones sono telefoni fissi VoIP connessi alla Rete, con sistema operativo e display significativo per fruire di applicazioni che possono anche essere scaricate da un marketplace, mentre le Digital PhotoFrame sono le cornici digitali, sempre più evolute fino ad avere touch-screen e WiFi per ricevere immagini via e-mail, Facebook ,Picasa, Flickr con possibilità di auto aggiornarsi con i contenuti degli amici e accogliere automaticamente le fotografie da inter-

net sulla base di ricerche o autorizzazioni date a persone che si conoscono. In futuro le cornici digitali potranno ricevere anche video e avere la possibilità di installare applicazioni, oppure widget.

1.3 Fuori casa/fruizione personale

Questo contesto si articola sui device che l'utente usa principalmente all'aperto o fuori casa: Portable Media Players/MP3, Portable Games Consoles, Sport & Leasure, In-Car System. Di grande interesse tra i giovani troviamo i dispositivi portatili dedicati al gaming (es. PlayStation Portable, Nintendo DSi/3DS) Figura 3, con memoria integrata, connessione Wi-Fi per scaricare contenuti multimediali o giochi da negozio online e possibilità di installare applicazioni. La PSP (PlayStation Portable) è dotata di connessione Wi-Fi per scaricare contenuti multimediali o giochi dal negozio online PS-Store, mentre i film sono disponibili per PS3 e PSP su PlayStation Network; la Nintendo DSi non è da meno con anche la fruizione di contenuti (foto, video, film) e giochi 3D senza la necessità di indossare occhialini grazie ad una tecnologia innovativa auto stereoscopica.
Sport & Leasure è una categoria che include attrezzature per il fitness come tapis roulant, cyclette, step connessi alla Rete, dotati di un display touch che supportano la possibilità di installare applicazioni; un esempio è Visioweb di Technogym, un tapis roulant che si collega ad internet e consente di utilizzare applicazioni per servizi ad hoc e di navigare sul web, leggere le e-mail, aggiornare il profilo di Facebook, guardare video su YouTube e giocare online: il tutto mentre si corre sul tapis roulant, in palestra o in casa.

Figura 3 - Alcuni Device

Figura 4 - Apple TV e Logitech Revue (Google TV)

2 STB: le novità Google TV e Apple TV

Tra i Set-Top-Box meritano un approfondimento per la strategia di mercato e le funzionalità presenti Apple TV e Logitech Revue (Google TV) Al riguardo si rimanda alla Figura 4.

2.1 Da Apple

Apple TV è il set top box della Apple per portare i contenuti HD sul televisore di casa: le serie televisive Fox, ABC e Disney solo a noleggio e ogni episodio SD/HD costerà 99 centesimi fruibile per 48 ore. Naturalmente i contenuti video saranno disponibili anche su iPhone e iPad.
Il nuovo dispositivo usa lo stesso hardware e sistema operativo dell'iPhone (iOS). Ha un collegamento per l'alimentazione e un'uscita video, un modulo Wi-Fi, e nient'altro. Con il nuovo prodotto (è un rinnovamento della precedente Apple TV) si potranno anche installare applicazioni, da scaricare tramite AppStore.
La Apple TV passa da iTunes per portare i contenuti sul televisore e i contenuti video saranno disponibili anche su iPhone e iPad (che si potranno utilizzare anche come telecomando). Oltre ai film e ai programmi TV, Apple TV dà accesso ad alcuni dei propri contenuti web: guardare i video di YouTube, podcast, ascoltare emittenti radio via internet con le casse del proprio home cinema e vedere foto di Flickr o gallerie di MobileMe.

2.2 Da Google

Logitech Revue è il primo set top box in commercio con la Google TV a bordo.
Logitech ha intenzione anche di aggiungere videocamere HD e software dedicati, per fare del salotto un vero e proprio centro multimediale della casa. È possibile scaricare applicazioni e contenuti da Android Market (Flickr, Picasa, facebook, Twitter...) e fruire dell'accesso ai video in streaming distribuiti da Netflix, Amazon Video On Demand e YouTube.
Google TV è una piattaforma software per la televisione basata sul sistema operativo Android. Google TV è il progetto di televisione intelligente: il marchio identifica un prodotto, servito in più forme, che ha come principale scopo quello di fondere la TV con il web e gli altri dispositivi della vita quotidiana. L'idea alla base è accendere la TV, digitare (o cercare) il nome del programma preferito e guardare il contenuto.
Google ha deciso di aprire il codice sorgente della piattaforma, permettendo la realizzazione di applicazioni di terze parti, quindi in futuro non sarà insolito vedere uno smartphone Android usato come telecomando. Integrata in alcune TV o set-top box, la nuova soluzione ha già il supporto di Intel, Sony e Logitech: Intel fornisce il processore (SoC), Sony integra la Google TV nei propri televisori e in set-top box (con lettore Blu-Ray integrato), Logitech realizza un set top box, ma anche videocamere, telecomandi, tastiere wireless e altoparlanti.
Google inoltre ha da tempo acquistato Episodic, una start-up che ha lanciato una piattaforma per la trasmissione in diretta e in modalità on-demand di video per il web e per ogni tipo di dispositivo in grado di connettersi alla Rete. Episodic non si limita ad offrire ai publisher un servizio di hosting e di streaming, ma permette anche il tracciamento del traffico e la monetizzazione dei video.
Con l'acquisizione di Episodic, Google potrebbe entrare con decisione nel mercato della distribuzione di video on-deman, anche perché ha sviluppato *YouTube Leanback*, un'interfaccia di Youtube ottimizzata per la TV.

3 Connected TV

In un contesto domestico nel quale la connettività non appartiene più soltanto ai PC, posseduti peraltro solo dalla metà delle famiglie italiane[1], diventa naturale pensare alla TV come principale alternativa per la visualizzazione dei tantissimi contenuti presenti in rete.
Nasce così il concetto di Connected Tv, uno strumento che consente all'utente di navigare e visualizzare i contenuti presenti in rete attraverso un prodotto della Consumer Electronics presente in tutti i salotti.
Le TV hanno un tasso di penetrazione del 95%, praticamente doppio rispetto a quello dei PC, e possono quindi essere degli ottimi strumenti anche per avvicinare ad Internet persone, che non hanno familiarità con la fruizione del web attraverso la combinazione computer e browser.
La Connected TV risponde quindi alle esigenze di due tipi di utenza: da un lato chi, non avendo a disposizione il PC, vuole comunque accedere a delle specifiche informazioni in rete (video, news, finanza, ...), dall'altro quegli utenti che, pur avendo il PC, trovano più comodo, in un determinato contesto, utilizzare la TV piuttosto che il computer.
Il merito principale della Connected TV consiste nel far tornare al contesto originario i contenuti multimediali. Da qualche anno infatti, con la diffusione della banda larga e della logica del Video On Demand, i contenuti multimediali sono spesso fruiti attraverso il PC, con una user experience in genere limitata rispetto a quella offerta dalla TV.
Utilizzando il PC, infatti, si hanno difficoltà nel controllo da remoto e schermi di dimensioni ridotte che incentivano la fruizione individuale.
Al contrario la TV nasce per la fruizione di questo tipo di contenuti ed è normalmente collocata in casa in una posizione strategica per essere comodamente utilizzata da una famiglia o da un gruppo di persone.
Con la TV dotata di connettività gli innumerevoli contenuti multimediali presenti in rete sono fruibili con una user experience del tutto simile a quella della TV tradizionale, col valore aggiunto di una scelta molto più

Figura 5 - Cubovision TV per prodotti Samsung

1 Fonte: ISTAT 2009, Cittadini e nuove tecnologie

ampia e della possibilità di usufruire di servizi di Video On Demand (Figura 5).
La soluzione Connected TV può essere realizzata secondo diversi paradigmi che includono l'uso di STB dedicati o l'evoluzione di dispositivi come i DVR già collegati alla TV. La soluzione preferita dalle principali aziende della Consumer Electronics però, è realizzata attraverso l'integrazione all'interno del dispositivo sia della connettività verso Internet, sia dell'intelligenza necessaria alla creazione dell'interfaccia utente, alla gestione dell'interazione ed alla riproduzione dei contenuti.
L'integrazione della connettività all'interno della TV è un processo altamente standardizzato. Tutti i maggiori costruttori offrono la possibilità di collegare i televisori via cavo Ethernet o in modalità wireless attraverso schede embedded o chiavette esterne.
Decisamente meno codificato è invece il modello di implementazione dell'intelligenza sui dispositivi, che devono essere in grado di effettuare richieste in rete, di ricevere e processare le risposte, di gestire le applicazioni/pagine presenti sulla TV o da essa accessibili.
Le soluzioni commerciali sono molteplici e per lo più verticali, ossia implementate dagli stessi costruttori dei dispositivi.
Gli approcci utilizzati sono fondamentalmente due: *client-based* e *server-based* (o *browser oriented*).
Nella soluzione *client-based*, adottata ad esempio dalla piattaforma Samsung Smart Hub, le applicazioni, una volta scaricate, vengono installate e risiedono sulla TV. La connettività serve a prelevare le informazioni dalla rete, ma è assolutamente possibile utilizzare applicazioni già installate sulla TV, che non richiedono il download di dati da internet.
La soluzione *server-based*, scelta da LG Smart TV, Philips NetTV o Panasonic Viera Connect, prevede invece la presenza di un server condiviso ed accessibile da Internet sul quale risiedono le applicazioni. La TV richiede al server le singole pagine e le visualizza, comportandosi come un tipico browser web. La connettività è fondamentale, anche per utilizzare quelle applicazioni che non necessitano di scaricare informazioni dalla rete, in quanto l'applicazione stessa si trova su server remoti.
Quello delle Connected TV è un mercato ancora poco maturo seppur in impetuosa evoluzione, nel quale è al momento impossibile riscontrare una soluzione dominante. Sicuramente nel futuro avrà una forte influenza il potere dei produttori della Consumer Electronics, che vorrebbero vedere l'intelligenza e la connettività dentro le TV piuttosto che in dispositivi esterni. In quest'ottica è da intendere l'impegno profuso nel dotare larga parte dei nuovi modelli di piattaforme per la connessione.
Inoltre la nuova generazione di Connected TV apre nuove possibilità non solo nel settore dei contenuti video o informativi, ma anche per molte web application attualmente fruite su PC (un esempio per tutti la videochiamata HD attraverso la piattaforma Skype), per applicazioni di gaming interattivo, per integrazioni tra la fruizione dei programmi televisivi tradizionali e i social network, per l'interazione tra la TV ed altri dispositivi connessi presenti all'interno dell'ambiente domestico (tablet, dispositivi elettromedicali o per il fitness, servizi di domotica, strumenti per il telecontrollo/telegestione).
Il mercato è già particolarmente dinamico negli USA, dove, secondo uno studio della CEA (Consumer Electronics Association), circa la metà di coloro che acquisteranno un nuovo TV nell'arco del prossimo anno opteranno per un modello "web-enabled", accettando di pagare un prezzo premium.
Secondo Yankee Group, entro il 2013, circa 50 milioni di case USA avranno un HDTV connesso ad internet.
In questo mercato "assetato" di applicazioni/widget,i content provider possono dunque giocare un ruolo importante, fornendo contenuti ed applicazioni, occupando nuovi canali di comunicazione e avendo in cambio rafforzamento della brand awareness ed introiti derivanti da servizio premium Video On Demand e da inserzioni pubblicitarie.

4 Game Console

Il settore videoludico è al primo posto del mercato mondiale dell'intrattenimento, ricoprendo dal 2008 oltre la metà del fatturato complessivo. All'estero, in particolare negli Stati Uniti e in Giappone, ma anche in paesi europei come Francia, Inghilterra e Germania si è raggiunta ormai la piena consapevolezza di cosa sia un videogioco, ritenendolo a pieno titolo una nuova forma di espressione artistica e culturale e un prodotto industriale di eccellenza[2]. Un mercato quindi molto ricco conteso da pochi player mondiali che si fronteggiano a suon di nuovi titoli e innovazioni tecnologiche. Per quanto riguarda la fruizione casalinga, il mercato delle game console è dominato a livello mondiale dalla Nintendo (Figura 6) che con la sua Wii si è rivolta a un pubblico più ampio rispetto agli appassionati di video giochi, puntando sull'intrattenimento della famiglia e sull'immediatezza dell'interazione con l'introduzione del WiiMote, una sorta di telecomando, che permette di interagire con la console, mimando le azioni di gioco e di avvertire una vibrazione come risposta alle proprie azioni.
Le altre console di ultima generazione che si spartiscono il mercato sono la XBox360 di Microsoft, che prevale nei Paesi anglosassoni, e la Playstation3 di

2 Un titolo come "Fallout3", che ha incassato 300 milioni di dollari in una settimana, non ha, infatti, nulla da invidiare agli incassi delle più blasonate pellicole d'oltreoceano (*www.tomshw.it/news.php?newsid=15978*).

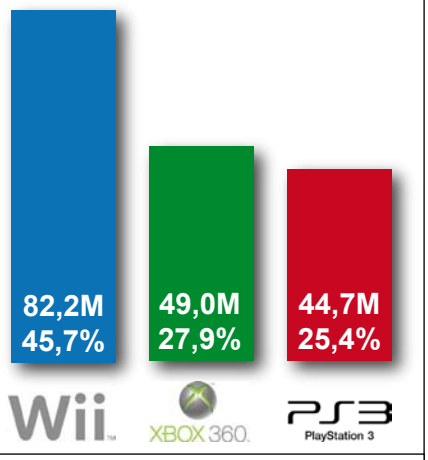


Figura 6 - Market share e totale game console vendute fino a dicembre 2010

Sony, che prevale in Europa (escluso il Regno Unito). Queste due console sono indirizzate agli hard gamers e sono caratterizzate da grande capacità di calcolo e grafica ottimizzata.
Per fronteggiare la predominanza di Nintendo, sia Sony che Microsoft hanno recentemente colmato il gap dell'immediatezza dell'interazione di gioco, cercando di conquistare nuove fette di mercato. Nel settembre 2010 Sony ha lanciato PS3 Move, un controller che permette anch'esso di mimare la azioni di gioco, ma con maggior precisione rispetto al Wii-Mote di Nintendo, grazie all'ausilio di una telecamera. Quest'ultima permette di sperimentare esperienze di gioco di tipo immersivo attraverso la riproduzione dell'immagine del giocatore all'interno della scena di gioco. Microsoft ha invece eliminato del tutto la necessità di tenere in mano un controller con il lancio, a novembre 2010, di Kinect, un sistema che rileva i movimenti del giocatore attraverso una telecamera a colori e un sensore di profondità a raggi infrarossi. Osservando i dati di vendita nel 2010, si può notare che queste innovazioni non hanno influito significativamente sulle scelte dei consumatori, determinate in realtà dalla qualità e quantità di titoli di videogiochi disponibili e dell'offerta dei servizi a bordo della console.
Accanto alla tradizionale fruizione dei giochi è oggi possibile giocare in rete, fruire di servizi social networking, ascoltare musica e vedere le proprie foto, vedere un film su DVD o Blu-Ray, navigare su internet, acquistare o noleggiare contenuti video. Ciascuna delle tre piattaforme di gioco dispone di un ricco Application Store, sul quale è possibile visionare e acquistare non solo videogiochi, ma anche musica e contenuti video.
Microsoft, Sony e Nintendo stanno aprendo delle partnership con alcuni leader mondiali nell'offerta di contenuti audio-video, per poter offrire servizi attraverso le loro console. Citiamo ad esempio NetFlix, leader statunitense nel noleggio di DVD, che offre ai possessori di tutte e tre le console di gioco la possibilità di noleggiare contenuti in streaming senza la necessità di farsi spedire a casa il supporto digitale. Su PS3 sono inoltre visibili in streaming più di 15 canali di broadcaster televisivi, ciascuno limitatamente al proprio mercato di riferimento, riproponendo un modello di business introdotto da BBC nel 2009, che ha scelto di offrire i propri canali su Wii e PS3, arrivando a totalizzare più del 12% del proprio traffico in streaming attraverso la fruizione su game console[3].
La game console non serve più solo per giocare, ma è diventata una vera e propria piattaforma di intrattenimento. Secondo una ricerca condotta da Nielsen, tra gli utilizzatori statunitensi di almeno 13 anni la console di gioco è utilizzata per attività di gaming vero e proprio per meno del 50% del tempo per la PS3 e per meno del 70% per la Wii, mentre è utilizzata per fruire di contenuti video per il 36% del tempo per la PS3 e il 20% per la Wii.
Grazie alla qualità e alla varietà dell'offerta, l'uso delle game console è quindi entrato a far parte delle abitudini quotidiane, sostituendo come passatempo la carta stampata, collocandosi ormai saldamente al terzo posto per quantità di ore spese settimanalmente, tallonando le ore trascorse in casa guardando la TV o navigando su Internet. Anche il fruitore tipico di videogiochi è cambiato, non è più solamente e tipicamente adolescente e maschio, ma abbraccia anche fasce di popolazione più mature nelle quali si perde la preponderanza di genere maschile.

5 PC-TV Touch "All-in-one"

Con l'espressione inglese All-in-one o multifunzione si intendono quelle tipologie di apparecchi che incorporano una serie di funzioni tradizionalmente svolte da apparecchi separati; in particolare l'espressione è utilizzata qui per indicare quei modelli di personal computer con il monitor integrato nel case (telaio) del computer stesso. Si tratta di computer progettati per ridurre i costi e gli ingombri; sono PC integrati in uno schermo con sintonizzatore analogico e digitale incorporato, in grado di trasformare il PC in una vera e propria TV, con mouse e tastiera wireless e telecomando incluso, webcam e drive Blu-ray.
Da Natale 2010 tutti i manufacturer equipaggiano gli all-in-one almeno con display da 23 pollici Full HD (1920 x 1080) formato widescreen 16:9 retroilluminato a LED, perfetto per i video HD; i top di gamma sono anche touchscreen e supportano la tecnologia 3D con gli occhialini ad hoc per foto, film e giochi 3D.
Il posizionamento principale di questo device è quello che viene definito "bedroom TV replacement", dal momento che in camera da letto la TV HD 3D connessa, può essere rimpiazzata da questo PC-TV tutto in uno che ha anche un ottimo design.

3 *http://gigaom.com/video/bbc-iplayer-usage-doubles-in-2009*

Attualmente i nuovi pc all-in-one per caratteristiche tecniche e configurazione si avvicinano sempre di più ai desktop di fascia medio alta e grazie alla tecnologia 3D integrata sono richiesti dai giovani al posto dei vecchi PC desktop.
Le motivazioni che hanno portato i desktop All-In-One a questo exploit commerciale nel 2010 risiedono nel fatto che, evidentemente, esistono settori in cui i cambiamenti culturali incidono molto più di quelli economici e quindi la validità tecnica, l'espandibilità e la superiore convenienza cedono il passo ad una maggiore attenzione da parte dell'utenza ad elementi quali la gradevolezza del design, il minor ingombro, oltre che alla logica del rimpiazzo in toto di un apparecchio, preferendolo alla sua evoluzione.
Molte persone navigano prevalentemente su Internet, frequentano social network, leggono notizie, scambiano posta elettronica, videochiamate, chat, instant messaging, guardano video, usano semplicemente la rete. Per questo il PC sia sta trasformando, più di quanto già non lo sia, in uno strumento di comunicazione evoluto, al pari ed in sostituzione del tradizionale telefono fisso. Risulta chiaro che in questa visione la potenza di calcolo ed il sistema operativo diventano relativi; si punta di più sull'economicità, sulla semplicità, sulla silenziosità e sul fattore estetico, motivo del successo di molti all-in-one e dei netbook.
Gli all-in-one, come soluzioni sono tra le migliori degli ultimi anni, sopratutto ora che permettono anche il pratico aggancio al muro... pensiamo a chi ne acquista uno come TV/media center o chi lo prende addirittura al posto della TV stessa: pensiamo a chi non ha grossi spazi e quindi deve minimizzare gli ingombri, ma non vuole rinunciare al design gradevole.

6 Servizio Telecom Italia: CuboVision

La TV è lontana dall'essere ferma davanti al progresso tecnologico: la tv ad alta definizione, la tv digitale, poi sono seguite altre novità come l'IPTV, i video on demand, la TV su telefonia mobile...
I video on demand e la TV «catch-up » hanno iniziato a far avvicinare il mondo di Internet e quello della televisione. Con il lancio dei servizi «over the top», i box televisivi ibridi e i televisori con connessione a Internet, l'avvicinamento si spinge ancora oltre.
La volontà degli operatori del mercato di unire televisione e Internet negli apparecchi televisivi segna un grande cambiamento nell'ultimo periodo: il concetto di televisione ibrida o la soluzione TV «over-the-top» emergono dalla convergenza di tre tipi di network: il tradizionale network televisivo, il network IP e Internet.
Questi concetti coprono diversi tipi di offerte e interessano tanto gli operatori delle piattaforme televisive a pagamento, quanto quelli di Internet.
Da gennaio 2009 queste offerte non richiedono necessariamente un apparecchio esterno, ma sono direttamente disponibili su televisori con connessione a Internet. Questa prospettiva porterà profondi cambiamenti al modo di consumare i contenuti televisivi: ci si sposta verso un mondo di widget sull'apparecchio televisivo. Gli utenti televisivi possono scaricare i widget di loro interesse e averli a disposizione sulla TV di casa.
Allo stesso modo, gli spettatori possono accedere ai loro social network dal televisore e possono ricevere suggerimenti dagli amici.
Cubovision è la nuova TV personale e interattiva di Telecom Italia. Un unico

Figura 7 - CuboVision di Telecom Italia

dispositivo broadband per accedere ai canali televisivi del digitale terrestre sia gratuiti che a pagamento, alla web TV e al video on demand, anche in Alta Definizione e in 3D. Con Cubovision è inoltre possibile organizzare i propri contenuti personali come foto, video e musica e usufruire dei servizi informativi più richiesti come news, oroscopo e meteo. Grazie ad un hard disk (da 250 GB) che consente di memorizzare i file multimediali del telefonino, del PC, della fotocamera digitale e del lettore MP3. Il loro trasferimento può avvenire attraverso chiavette USB e SD card e connettività Wi-fi. In questo modo è possibile "sfogliare", direttamente sulla TV, il proprio album digitale e rivederlo anche in alta definizione. Cubovision introduce un nuovo concetto di visione, personale e interattiva, proponendo una videoteca di film, serie TV, cartoni animati sempre disponibili on demand, anche in alta definizione e in 3D.

Lo spettatore, continuando a visualizzare le immagini sullo schermo, potrà passare da un'area all'altra utilizzando anche una Electronic Program Guide (EPG).
Tramite la funzione di instant recorder, Cubovision consente di registrare un programma in onda su un canale TV, mentre se ne guarda un altro, per poi rivederlo in seguito, oppure di fermare la visione, tornare indietro o riprenderla dal punto in cui la si è interrotta (Figura 7).

Conclusioni

La pletora dei device connessi (Figura 8) della consumer electronics è ovviamente in continua evoluzione e innovazione e questo richiede una forte attenzione da parte di Telecom Italia come presidio di scouting, prove, studi e continuo mantenimento del know how tecnologico per poter offrire servizi che anticipano la velocità del mercato.
In ogni caso il focus non è solo sul device, bensì sui servizi che potranno essere abilitati da questi device. Come abbiano detto, Il trend è che ogni dispositivo sarà connesso alla Rete per offrire VAS (scaricare applicazioni, giochi, canzoni, video, libri, info...) tramite un marketplace online gestito e controllato dal device manufacturer; in questo contesto fortemente competitivo, Telecom Italia può giocare un ruolo di primo piano e generare valore per i suoi utenti tramite accordi e partnership con content provider e device manufacturer e facendo leva sugli asset della propria Rete ■

giannunzio.fettarappa@telecomitalia.it
alessandro.perrucci@telecomitalia.it
stefano.spelta@telecomitalia.it

Figura 8 - Alcuni esempi di device connessi

Acronimi

CE: Consumer Electronics
EPG: Electronic Program Guide
HDTV: High Definition TV
LED: Light Emitting Diode
STB: Set Top Box
VAS: Value Added Services
VOD: Video ON Demand
DVR: Digital Video Recording

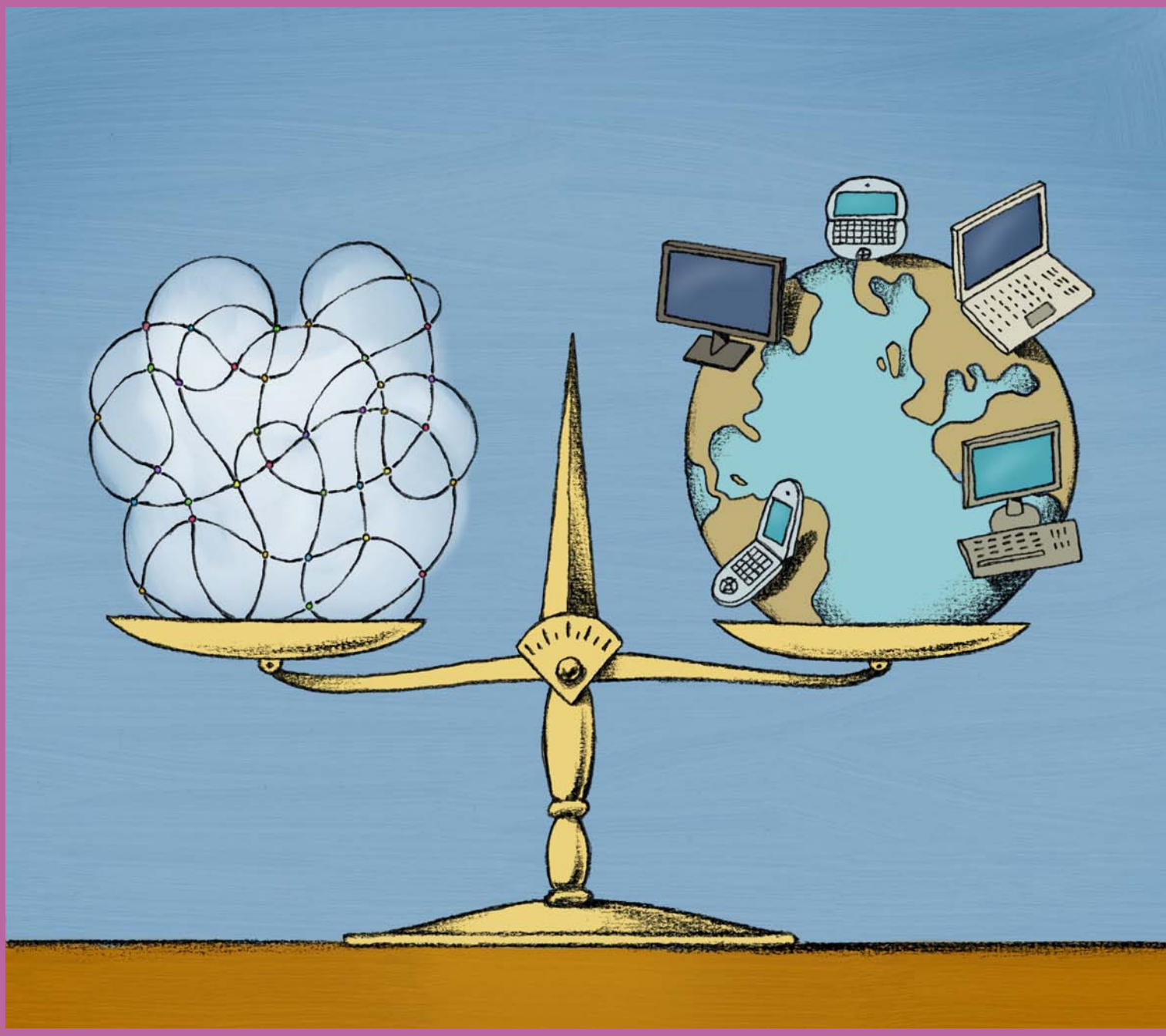
Gianni Fettarappa
Economista, entra in Azienda nel 2001. Si è principalmente occupato di analisi di scenari di Media Digitali e di nuovi paradigmi di comunicazione, con particolare attenzione alle comunità virtuali, social network, a sistemi di messaging e di comunicazione/ collaborazione person to person.
Ha poi operato presso il Future Centre Telecom Italia di Venezia con la responsabilità di studiare l'impatto della digitalizzazione delle informazioni personali, la cosidetta "ombra digitale".
Oggi in Strategia e Innovazione, si occupa di servizi a valore aggiunto per i device connessi.

Alessandro Perrucci
Ingegnere informatico con un Master in Telecomunicazioni del COREP, entra nel 2000 in Azienda, occupandosi di sistemi di supporto alle decisioni aziendali e Data Mining applicato nell'ambito del Churn Management, della Profilatura Utenti e dei Sistemi Antifrode. Coinvolto dal 2004 nello sviluppo di servizi di comunicazione interpersonale e delle community di Gruppo (TimCafè, Blah, TimTribù), oltre che nello sviluppo di prototipi di servizi e applicazioni di Social Networking, piattaforme di Content Sharing, mashup di servizi TLC applicati ai Mondi Virtuali e applicazioni verticali per la mobilità sostenibile. Oggi in Strategia e Innovazione, si occupa dello sviluppo di servizi per la fruizione di contenuti informativi e audio video del Gruppo Telecom Italia sulle game console.

Stefano Spelta
Informatico entra nel 2001 in Telecom Italia dove inizia la sua attività su progetti di datawarehousing a scopo antifrode ed analisi prestazionali di apparati di rete. Dal 2002 sviluppa servizi di comunicazione Person to Person e partecipa al processo di standardizzazione delle tecnologie di Mobile Broadcasting e di Push-to-Talk Over Cellular (POC); è delegato Telecom Italia nella Open Mobile Alliance (OMA). Dal 2009 sviluppa ricerca sulla Connected TV, lavorando al rilascio del widget Cubo Vision su Connected TV Samsung. Attualmente in Strategia ed Innovazione gestisce le attività relative alle applicazioni sui connected device con particolare responsabilità per quelle su Connected TV.

INTERNET DI QUALITÀ: OBIETTIVO DELLA REGOLAMENTAZIONE

Pasquale De Simone, Pia Maria Maccario, Pierpaolo Marangoni



Nell'ultimo decennio l'Information Technology si è evoluta verso un modello sempre più ricco di servizi basati su Web e di applicazioni a pagamento anche in settori nuovi e non tradizionali, quali visione di film, eventi musicali, partite... fruibili sia attraverso connessioni "fisse" (es. ADSL), che "di movimento" (UMTS/HSDPA). La fornitura on-line di tali servizi è fortemente condizionata anche dall'infrastruttura Internet sottostante e un decadimento delle prestazioni causa un non apprezzamento del servizio da parte del Cliente.
Si apre perciò il problema di poter valutare, da parte di un operatore e di un fornitore di servizi, la qualità di quanto offerto all'utente finale sia in termini di accessibilità ad internet che in termini di prestazioni. L'esperienza ha dimostrato come sia necessario che un servizio sia monitorato non solamente con le "tradizionali" tecniche di Network and Element Monitoring, ma anche attraverso strumenti di monitoraggio end-to-end di tipo *Quality of Service* ed in particolare di misure della *Quality of Experience*[1]. A partire dal 2006 anche AGCOM (Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni) ha sentito la necessità di regolamentare la materia della Qualità dei servizi di accesso a internet da postazione fissa a partire dalla definizione di caratteristiche di qualità e di contenuti delle carte dei servizi che i diversi operatori sono tenuti a rispettare, anche al fine di garantire che gli utenti finali abbiano accesso a informazioni complete, comparabili e di facile consultazione.
Sono perciò iniziati degli incontri tra AGCOM, ISCOM (Istituto Superiore delle Comunicazioni e delle Tecnologie dell'Informazione - Ministero dello Sviluppo Economico), FUB (Fondazione Ugo Bordoni), Operatori e Associazioni consumatori che hanno portato alla stesura e successiva pubblicazione nel 2006 della delibera [del131] , nel 2009 della delibera [del244] ed infine nel 2010 della delibera [del400]. Il presente articolo fornisce una breve descrizione dello stato dell'arte sia da un punto di vista normativo che tecnico ed implementativo oltre che una prima analisi dei risultati fin qui raccolti.

1 Contesto della normativa

Scopo principale delle delibere dell'AGCOM è quello di meglio tutelare i consumatori stessi sia in termini di corretta informativa comparativa tra le diverse offerte d'accesso ad Internet che di indennizzi a fronte di inadempienze degli operatori. Le delibere [del131, del244] contengono la definizione di 9 indicatori di qualità da valorizzare, a cura di ogni operatore, classificabili in due categorie:

- scenario dell'utente: tempo di attivazione del servizio, tasso di malfunzionamento, tempo di riparazione dei malfunzionamenti, tempo di risposta dei servizi di assistenza clienti, addebiti contestati;
- scenario della chiamata: indisponibilità del servizio di accesso in dial-up; per i servizi con velocità di accesso maggiore di 128Kb/s, quali ad es. ADSL, velocità di trasmissione dati, tasso di insuccesso nella trasmissione dati, ritardo di trasmissione dati in una singola direzione.

Gli Operatori devono, secondo scadenze prefissate, comunicare all'AGCOM e pubblicare sul proprio sito web gli obiettivi che si prefiggono per l'anno successivo ed i valori consuntivati se-

1 Una misura è così definibile solo quando sono soddisfatti due fattori chiave: il punto di misura è come quello dell'utente finale (ovvero un reale accesso ad Internet) e lo strumento di misura come quello normalmente usato dall'utente finale (ovvero un PC o un apparato configurato analogamente a quello di un utente).

mestralmente/annualmente per entrambe le tematiche.
Per poter fornire un valore numerico "oggettivo" e confrontabile per gli indicatori della categoria scenario di chiamata, la delibera ha previsto innanzitutto un sistema di rilevazione della qualità dei collegamenti broadband, sia lato operatore che lato cliente finale. Essa concretamente si estrinseca in una serie di misure inerenti i principali indicatori che attestano il livello di qualità di una connessione ad internet (velocità di trasmissione dei dati, tasso di insuccesso nella trasmissione dei dati, ritardo di trasmissione dei dati in una singola direzione, tasso di perdita dei pacchetti), svolti sia da parte degli operatori stessi in modo "certificato" e "confrontabile" che offerti ad ogni utente finale che ne faccia richiesta. Nello specifico la delibera ha previsto:

- l'architettura, la metodologia (basata sulla normativa [ETSI 202]) e le modalità di misura del sistema di rilevazione degli indicatori;
- la certificazione degli strumenti di misura utilizzati dagli operatori per le rilevazioni a cura dell'Istituto Superiore delle Comunicazioni e delle Tecnologie dell'Informazione (ISCOM);
- l'effettuazione delle misure statistiche degli operatori in almeno in 20 città delle 20 regioni italiane sulle sue due offerte maggiormente commercializzate ;
- la pubblicazione da parte di ogni operatore delle misure effettuate negli ultimi 12 mesi sui siti preposti. Le scadenze di pubblicazione dei dati misurati dai vari operatori sono il 31 marzo per i dati del 2° semestre dell'anno precedente, il 30 settembre per il 1° semestre dell'anno in corso, e il 30 giugno per il dato annuale relativo all'anno precedente;
- un soggetto indipendente a garanzia del corretto svolgimento delle campagne di misurazione e della ottimizzazione delle risorse condivise.

Tra i compiti del soggetto indipendente rientrano:

1) pianificare il calendario delle misure;
2) effettuare le misure per conto degli operatori che lo richiedono;
3) gestire i server di misura e il server dedicato su cui affluiscono i dati delle singole misurazioni al fine di consentire un controllo statistico;
4) fornire un servizio di misurazione, ad uso degli utenti che ne facciano richiesta, della qualità della connessione ad internet del proprio collegamento ADSL, per mezzo di un software gratuito scaricabile da internet.

Il soggetto indipendente, individuato tramite un'apposita procedura di "manifestazione di interesse", è stato la Fondazione Ugo Bordoni (FUB), designata dall'AGCom con la delibera n. 147/09/CSP.
Infine la delibera ha previsto l'obbligo per gli operatori di pubblicare per ciascuna delle proprie offerte broadband degli standard minimi di qualità su cui ogni operatore si impegna contrattualmente verso i propri clienti. In questo modo si consente ad un cliente di recedere dal contratto che ha stipulato, senza il pagamento di alcun onere, qualora risulti che la qualità della connessione ad internet del suo collegamento sia, per uno o più parametri, inferiore agli standard minimi sui quali l'operatore si è impegnato.
Per verificare o meno l'aderenza a tali impegni di qualità minima, è necessario che il cliente effettui una serie di prove attraverso il sw sviluppato allo scopo e certificato (chiamato NE.ME. SYS.), di cui al precedente punto 4).

2 Descrizione del sistema di misura degli operatori

Nel contesto normativo di riferimento ([del131], [del244], [del400], [ETSI202] e [Rap07]) si definisce il sistema di misura come l'insieme delle componenti tecnologiche che permettono di tenere sotto osservazione la funzionalità del sistema e le sue prestazioni. Tale sistema di misura deve essere coerente con gli standard ETSI di riferimento.
La situazione che si è affrontata era decisamente più complessa rispetto a quella presentata dall'ETSI a causa della presenza contemporanea di diversi operatori aventi una propria rete di connessione con caratteristiche peculiari, più offerte da misurare e la possibilità di utilizzo di sistemi operativi diversi.

2.1 Descrizione dell'architettura e dei sistemi di misura

La Figura 1 illustra quali siano le componenti ad alto livello dell'intero scenario di misura delle succitate delibere, evidenziando quindi la presenza contemporanea di diversi sistemi di misura dei singoli operatori, gli elementi comuni tra essi, le diverse interfacce esistenti tra i vari sistemi con una prima indicazione della tipologia di informazioni ivi transitante.
Come si può osservare, tali sistemi di misura però non possono considerarsi totalmente indipendenti tra loro, in quanto condividono alcuni elementi, in particolare i server di misura utilizzati all'interno dei diversi test previsti dalla normativa.
L'analisi svolta all'interno del gruppo di lavoro interoperatori ha evidenziato che vi sono sistemi di misura che, pur rispettando i requisiti posti dalla normativa ETSI di riferimento, si differenziano in base all'architettura di misura utilizzata, ovvero in base al fatto che l'intelligenza sull'esecuzione delle misure risieda solamente nei server o sia presente anche negli agenti di misura: tali differenze architetturali saranno descritte nel seguito utilizzando la terminologia per i primi di "sistemi server oriented" e "sistemi client oriented" per i secondi.

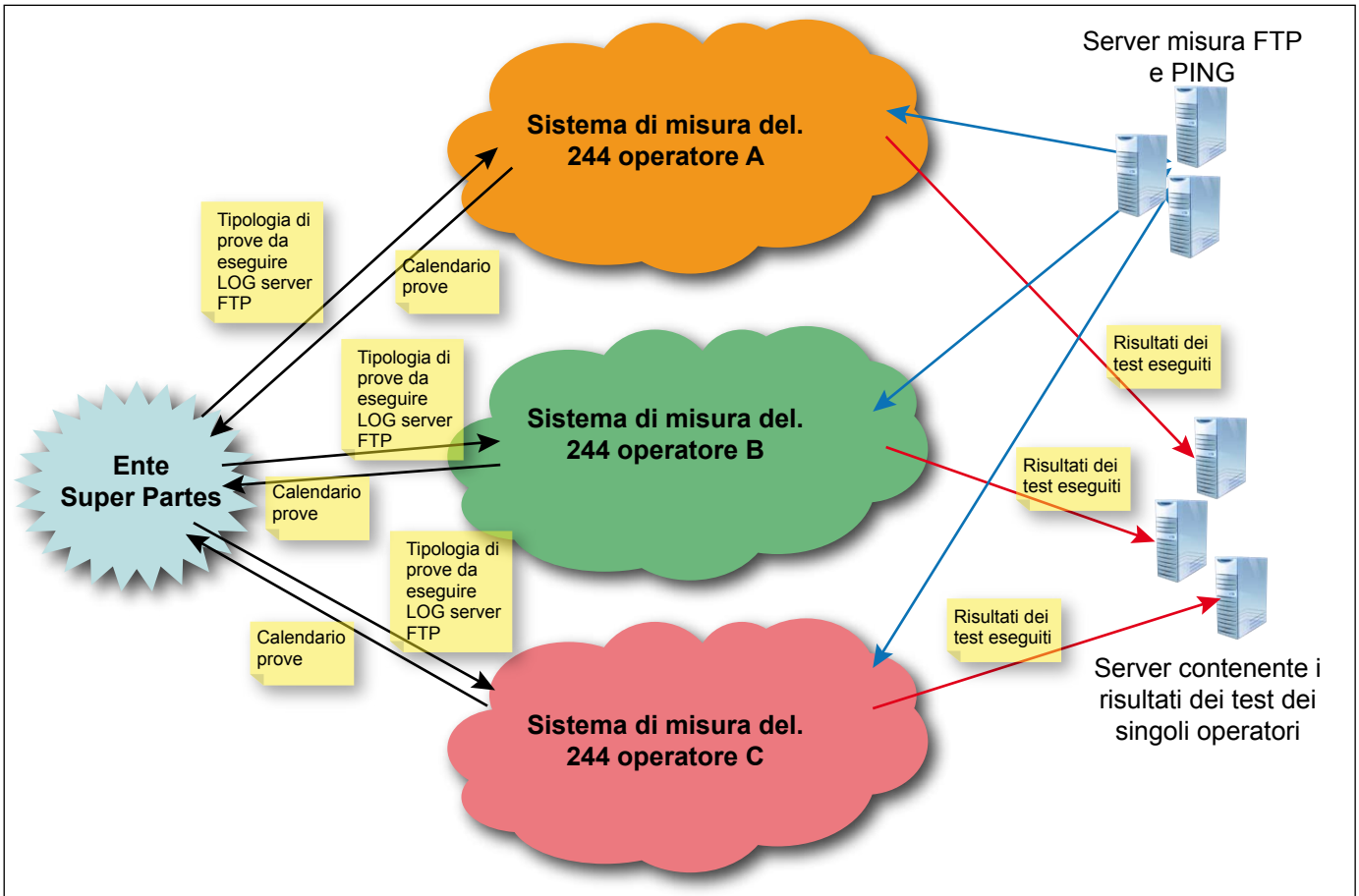
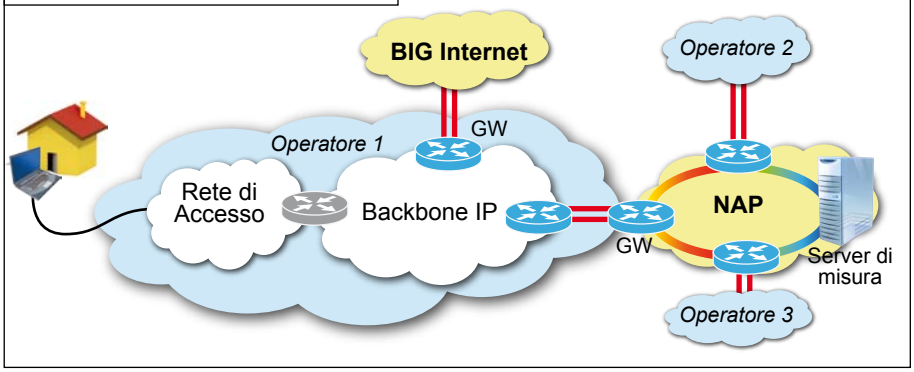

Server misura FTP
e PING
Sistema di misura del.
244 operatore A
Sistema di misura del.
244 operatore B
Sistema di misura del.
244 operatore C
Ente
Super Partes
Tipologia di prove da eseguire LOG server FTP
Calendario prove
Tipologia di prove da eseguire LOG server FTP
Calendario prove
Tipologia di prove da eseguire LOG server FTP
Calendario prove
Risultati dei test eseguiti
Risultati dei test eseguiti
Risultati dei test eseguiti
Server contenente i risultati dei test dei singoli operatori

Figura 1 - Definizione architetturale ad alto livello del sistema di misura

La normativa prevede che il soggetto indipendente sviluppi e/o acquisisca uno strumento di tipo server oriented e che ogni operatore possa scegliere se avvalersi di esso o svilupparne uno proprio (di tipo client oriented). Per garantire la confrontabilità con le misure ottenute dai vari sistemi, è prevista una fase di certificazione a cura di ISCOM come che verifichi la conformità dei diversi sistemi ai sensi della normativa [del131], [del244], [ETSI 202 057-4].

Per quanto riguarda la collocazione dei server di misura la differenza esistente tra le due architetture precedenti rende necessario che per ciascuna tipologia di sistemi sia disponibile un diverso server verso il quale effettuare le misure.

Figura 2 - Collocazione dei server rispetto ai NAP



Tali server, come suggerisce la norma ETSI [ETSI202], sono posti il più vicino possibile al gateway che interconnette la rete dell'Operatore che fornisce l'accesso fisico dell'utente finale alla rete del Provider che assicura l'accesso alla Internet Pubblica (Internet Access Provider), così da evitare che le caratteristiche e la qualità di quest'ultima rete possano impattare sulle misure.

Per questo motivo la Delibera 244, accogliendo quanto suggerito all'interno dei gruppi di lavoro, ha previsto che tali server siano 2 e situati presso i NAP (Neutral Access Point) come mostrato in Figura 2. Sono stati scelti Namex a Roma e Mix a Milano.

2.2 Metodologia di esecuzione delle misure

La metodologia di misura adottata si basa sul modello di tipo "test call", ovvero si utilizzano configurazioni come quelle disponibili agli utenti finali sia in termini di connessioni dedicate ai test che di agenti di misura (PC e modem come quelli a casa degli utenti finali). Inoltre gli agenti di misura dovrebbero essere collocati, come avvenuto in questo caso, in luoghi che ne permettano la comparazione delle misure da essi raccolte con quelle degli utenti finali e il raffronto delle prestazioni dei diversi operatori tra loro.
La metodologia di misura applicata ha previsto una fase di progettazione della campagna di misura, seguita da quella di esecuzione dei test componenti la campagna di misura fino alla raccolta delle misure, analisi dei risultati raccolti e produzione dei report richiesti.
La fase più critica è stata sicuramente quella relativa alla progettazione dei test da fare eseguire ai diversi agenti vista la loro numerosità e la presenza di più operatori facendo in modo tale che il modello di misura applicato dai diversi operatori sia il medesimo. Inoltre, la programmazione temporale delle misure è stata definita in modo da garantire che il traffico necessario per l'esecuzione delle misure fosse comunque trascurabile rispetto:

- alla capacità di elaborazione del server e degli agenti di misura;
- alla capacità disponibile in corrispondenza della connessione e dei server ai NAP;
- al traffico normalmente presente lungo il path di misura.

2.3 Lo strumento Telecom Italia: BMPOP™

Telecom Italia ed altri operatori hanno optato per l'utilizzo di uno strumento proprietario per effettuare le misure previste dalle delibere, al fine di poter sfruttare pienamente il forte investimento necessario per l'adempimento a quanto richiesto da tali delibere (ad esempio con uno strumento proprietario è possibile svolgere misure verso propri server quando non sono previste misure ufficiali e ottenere quindi altre indicazioni dell'andamento della propria rete).
Durante i lavori si è visto come la metodologia di misura utilizzata dallo strumento BMPOP™ Telecom Italia, nonché le sue caratteristiche architetturali (di tipo client oriented) ed implementative fossero di massima coerenti con quanto previsto sia all'interno della normativa [ETSI 202] che delle delibere stesse e pertanto questo è stato lo strumento adottato da Telecom Italia effettuando alcuni adattamenti.
BMPOP™ (*BenchMark Point of Presence*) è quindi lo strumento, basato su software proprietario, che Telecom Italia ha scelto di far certificare per il monitoring della qualità di servizi offerti su Internet ai sensi delle diverse delibere.
La storia di BMPOP™ è lunga e viene da lontano: un primo nucleo è stato utilizzato nel 1996 da Tin.it per la messa a punto dei primi servizi di accesso a internet, successivamente è stato utilizzato da TIM e dalle sue controllate per il monitoring della qualità delle connessioni GSM/GPRS e dal 2003 è per Telecom Italia lo strumento "ufficiale" di monitoring dei servizi "Alice" (per l'analisi e la verifica di alcune caratteristiche della propria rete e delle proprie applicazioni rilasciate).
La versione utilizzata e certificata per le misure di AGCOM contiene un sottoinsieme di tutte le funzionalità disponibili (Accesso, FTP e PING).
BMPOP™ è un software per PC Windows, caratterizzato dal simulare automaticamente il comportamento dell'utente finale, che consente di rilevare, in modo oggettivo, continuativo e personalizzabile il livello di disponibilità della rete di accesso e le performance dell'accesso ad Internet, della navigabilità, delle transazioni e dei servizi web più significativi offerti da un sito Web. Per simulare nel modo più completo e realistico possibile l'utilizzatore finale, lo strumento emula in maniera automatica e parametrica il comportamento dei diversi utenti finali mediante l'utilizzo effettivo di reali End-User Components.
La metodologia di misurazione applicata permette quindi di ottenere una fotografia completa, secondo il punto di vista di un utente finale, e di rilevare con frequenza periodica e su base statistica (anche in real-time), le prestazioni realmente percepite dall'utente attraverso diversi livelli di osservazione temporale e geografico. Permette anche di effettuare valutazioni comparative delle performance tra vari servizi di accesso, nonché rilevare e segnalare in tempo reale il decadimento delle performance della rete di accesso e di un sito.
A tal fine è necessario progettare, configurare ed implementare opportune campagne di misura, definendo per ogni agente quali siano le reti di accesso da utilizzare, i test da effettuare, gli orari in cui effettuare i diversi test, facendo sì che gli agenti BMPOP generino traffico artificiale, secondo quanto specificato. I risultati di tali test sono raccolti e memorizzati per successive analisi.
Esso è, cioè, un oggetto della categoria Monitoring End-to-End e "Black Box" per reti e servizi Web Based; risponde alla domanda "che cosa e con che performance stanno vedendo i miei utenti", piuttosto che alla domanda "quanto è carica la CPU dei miei router e dei miei server". Tale modo di operare è quindi complementare alla metodologia classica di chi misura le prestazioni di una rete raccogliendo dati da dispositivi e parti che la compongono (server, link) e permette, quindi, di ottenere una fotografia completa, secondo il punto di vista di un utente finale, della propria situazione.

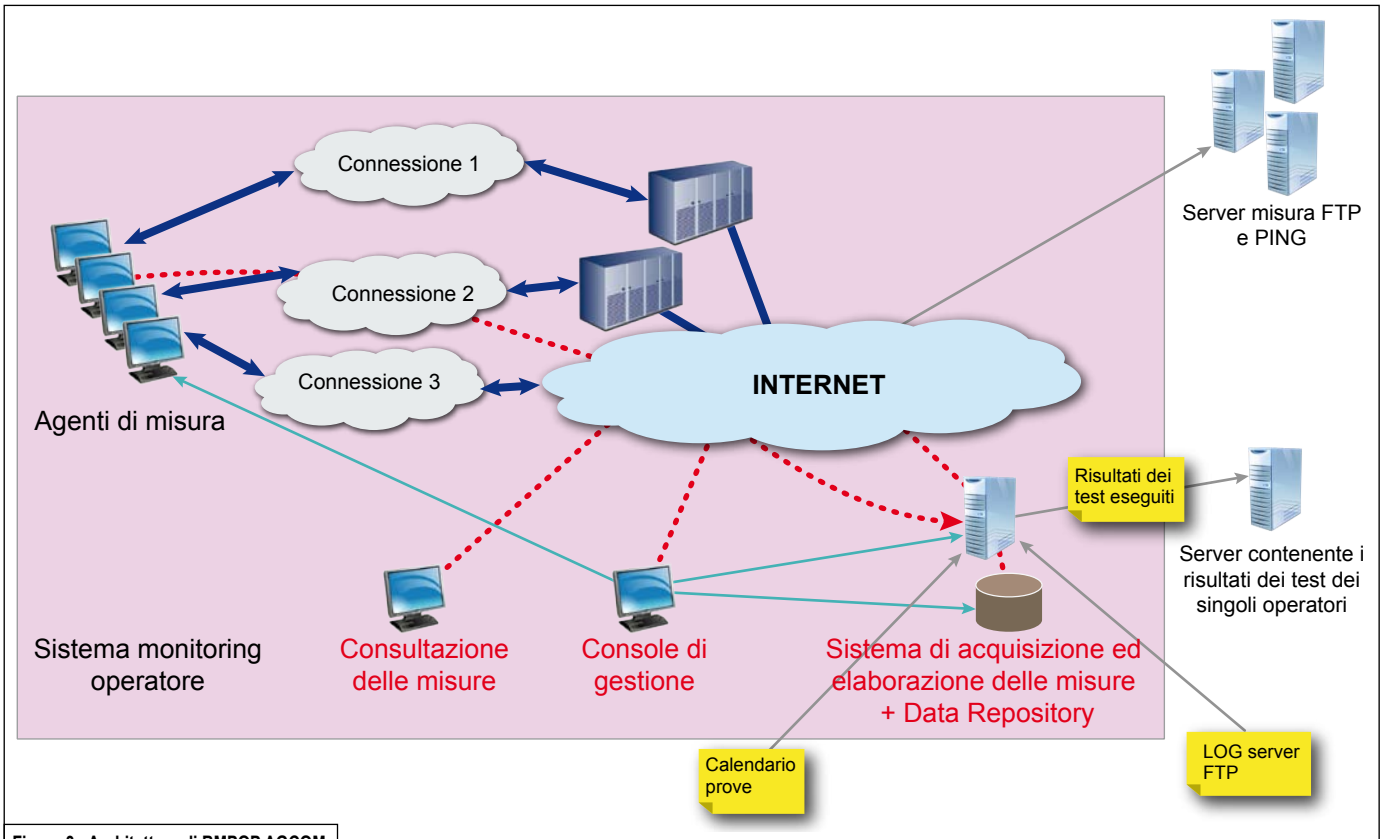


Figura 3 - Architettura di BMPOP AGCOM

La completezza della misura è derivata dal fatto che il punto di misura è identico a quello dell'utente finale.
Rispetto alla classificazione presente nelle delibere BMPOP™ è uno strumento di tipo "client oriented" in quanto anche l'intelligenza sull'esecuzione delle misure risiende negli agenti di misura ed è composto dalle seguenti componenti architetturali (figura 3).

- Un insieme di sonde (Agenti di misura) composte da HW e SW specializzati, distribuite geograficamente sul territorio in corrispondenza dei punti di misura individuati. Tali agenti contengono il software BMPOP che permette di eseguire in maniera completamente automatica le necessarie connessioni e misure. Essi rilevano i valori dei parametri da misurare e li inviano via rete di monitoraggio direttamente al server di acquisizione o alla consolle centralizzata che successivamente li memorizza nel data repository. Ovviamente tali agenti durante l'effettuazione delle misure non hanno in corso altro traffico o eseguono altri applicativi che potrebbero alterare i valori misurati;
- un data repository contenente le misure raccolte dai vari agenti di misura presenti sul territorio;
- un server di acquisizione/elaborazione delle misure, avente lo scopo di rielaborare le misure raccolte per ottenere in generale una vista in base agli indicatori per i quali è stato programmato. Tale server svolge anche la funzione di collettore diretto dei risultati delle misure degli agenti ed ha quindi come scopo anche quello di memorizzare tali dati all'interno del data repository, dopo averne accertato la validità, in quanto provenienti da fonte accreditata. Infine, tale server ha anche il compito di attribuire ai diversi agenti i relativi calendari delle prove e delle misure relativi ai test previsti;
- punti di consultazione delle misure composti da qualsiasi PC con accesso a internet, purché in possesso delle credenziali di accesso al sito web contenente i risultati;
- punti di gestione degli agenti di misura, del data repository e del server di acquisizione/elaborazione delle misure tramite la rete di monitoraggio; vi sono alcuni PC ed utenti con accesso a internet accreditato sugli agenti e/o sui server;
- una rete dedicata, detta rete di monitoraggio, che trasmette i dati rilevati dalle sonde alla consolle e al server di acquisizione e permette di gestire dalla consolle i vari agenti. Essa è una rete distinta dalle altre reti presenti e preferibilmente distinta dalla rete oggetto della misura. In questo caso ogni PC che ospita un agente è dotato di una doppia interfaccia

di rete (nel caso AGCOM, una linea ADSL di misura e una linea ADSL di supervisione).

Per quanto riguarda la dinamica del funzionamento, il server attribuisce ai diversi agenti i relativi calendari delle prove e delle misure relativi ai test previsti per l'adempimento di quanto previsto nella delibera e raccoglie puntualmente i risultati delle singole prove effettuate.

Gli agenti di misura sono macchine asincrone tra loro, ma i cui orologi sono sincronizzati con quelli del server per una corretta interpretazione dei risultati ed esecuzione dei test, dislocati in opportune locazioni "campione" rappresentative per ciascun operatore e per ciascun profilo di offerta dell'operatore medesimo.

In partenza su ogni agente è installato il software per effettuare le misure; l'agente viene configurato in modo da poter dialogare con il server e rimane in attesa che il server gli attribuisca il proprio calendario delle misure da effettuare.

L'esecuzione delle prove è a carico di ogni singolo agente che ha la capacità di effettuare in maniera "attiva" tali misure (ovvero non ha più bisogno di specifici passi di attivazione da parte del server). I risultati delle prove raccolte saranno trasmessi via via al server, da cui saranno consultabili e ritrasmessi da parte del server di acquisizione/elaborazione delle misure al server contenente i risultati dei test (collocato presso FUB).

3 Indicatori misurati

L'AGCOM ha fissato un insieme di parametri che devono essere misurati ai fini della qualità del servizio ed impone ad ogni Operatore di pubblicare periodicamente i valori misurati sul campo per tale parametro. La verifica della qualità della connessione a Internet avviene quindi attraverso le misure dei seguenti quattro indicatori specifici:

- velocità di trasmissione dati in upload ed in download;
- tasso di insuccesso nella trasmissione dati;
- ritardo di trasmissione dati in una singola direzione;
- tasso di perdita dei pacchetti.

Tali indicatori sono stati scelti in modo da caratterizzare aspetti diversi di una connessione internet supponendo che nel loro insieme possano dare una indicazione della qualità che sia fedele, indipendentemente dall'utilizzo che viene fatto della connessione.

Sulla base di quanto pubblicato, ogni utente possa farsi un'idea della qualità delle diverse offerte, e, di conseguenza, scegliere l'Operatore e il servizio più adatto alle proprie esigenze.

Ad esempio, l'utente che desidera utilizzare la propria connessione per comunicazioni VoIP dovrà fare attenzione al valore dell'indicatore riguardante il ritardo. Se questo parametro risultasse superiore ai 200-300 ms, la conversazione diventerebbe estremamente faticosa. Un utente che desideri, invece, utilizzare la linea ADSL per la visione di filmati in streaming dovrà focalizzarsi sul parametro "velocità di trasmissione" per non perdere la possibilità di avere una visione in tempo reale. Chi invece desiderasse soltanto compiere operazioni semplici come navigare in Internet, leggere la posta, partecipare a forum di discussione, dovrà considerare che la velocità di trasmissione pesa in termini di capacità massima ottenibile, ma non permette di prevedere le prestazioni in termini di velocità nella navigazione delle singole pagine: quando le pagine Internet sono composte di tante piccole parti (testi, immagini, mini animazioni), allora il fattore limitante potrebbe essere il ritardo di trasmissione.

3.1 Velocità di trasmissione dati

La velocità di trasmissione dati fornisce informazioni riguardo alla capacità della rete d'accesso di trasmettere dati dal terminale verso Internet e viceversa. Tanto maggiori sono i valori misurati, tanto minore è il tempo necessario a trasmettere o ricevere dati. Questo specifico indicatore è particolarmente significativo nel caso in cui si debba trasmettere o ricevere ingenti quantità di dati, quali filmati, programmi software...

La prova di velocità di trasmissione dati avviene tramite trasferimento con protocollo FTP di file di prova predefiniti (incomprimibili secondo le normative ETSI), tra il sito remoto in cui è posizionato un client e il suo server di riferimento separatamente per il downloading e per l'uploading. Ogni sessione di misure prevede 20 test di tipo FTP Get (down verso il cliente) e 20 test di tipo FTP Put (up dal cliente). Per ottenere il valore di throughput si calcola il rapporto tra la dimensione del file di prova (in bit) ed il tempo misurato necessario alla trasmissione completa e corretta del file (in millisecondi). Nel caso in cui il trasferimento non sia completato entro il tempo massimo prestabilito si otterrà un fallimento e tale dato sarà escluso dai calcoli dell'indicatore della velocità di trasmissione dati, ma verrà utilizzato per il calcolo dell'indicatore tasso di insuccesso nella trasmissione dati (v. paragrafo 3.2).

Misurando un valore di throughput netto applicativo si ottiene sia una valutazione della velocità, ma anche indirettamente il tasso di errore di una linea (come del resto il parametro successivo e il tasso di perdita dei pacchetti); infatti una linea veloce ma errorata provoca ritrasmissioni che vanno a diminurire il valore della velocità netta effettiva applicativa.

Vale la pena di ricordare come il valore massimo di throughput (oggetto di que-

sta misura) sia sempre, fin dalla teoria, inferiore di almeno 15-20% rispetto al valore di aggancio del modem a causa di overhead protocollari, (informazioni che ogni livello della pila protocollare ISO/OSI aggiunge all'informazione utile da trasportare).
Le misure raccolte in un certo periodo di tempo sono utilizzate per determinare i seguenti valori:

- **Banda massima in download** - 95 percentile della velocità di trasmissione dal server di misura fino al client; ovvero valore entro il quale ricade il 95% dei valori misurati, ordinati in ordine ascendente;
- **Banda minima in download** - 5 percentile della velocità di trasmissione dal server di misura fino al client; ovvero valore entro il quale ricade il 5% dei valori misurati, ordinati in ordine ascendente;
- **Media e deviazione standard della velocità di trasmissione in download**;
- **Banda massima in upload** - 95 percentile della velocità di trasmissione dal client al server di misura;
- **Banda minima in upload** - 5 percentile della velocità di trasmissione dal client al server di misura;
- **Media e deviazione standard della velocità di trasmissione in upload**.

Si noti (Figura 4) che i valori pubblicati derivano da misure effettuate in diversi periodi del giorno e della settimana e quindi gli effetti delle ore critiche (periodi di maggior traffico con congestioni della linea) si attenuano.
L'indicazione della banda minima è perciò particolarmente significativa, in quanto dà un'idea abbastanza accurata di quali prestazioni in termini di velocità ci si possa attendere anche nelle condizioni peggiori, mentre la deviazione standard indica quale variabilità esista tra le misure all'interno del periodo di osservazione (più basso è tale parametro, più la linea è stabile e il comportamento percepito dall'utente è costante).

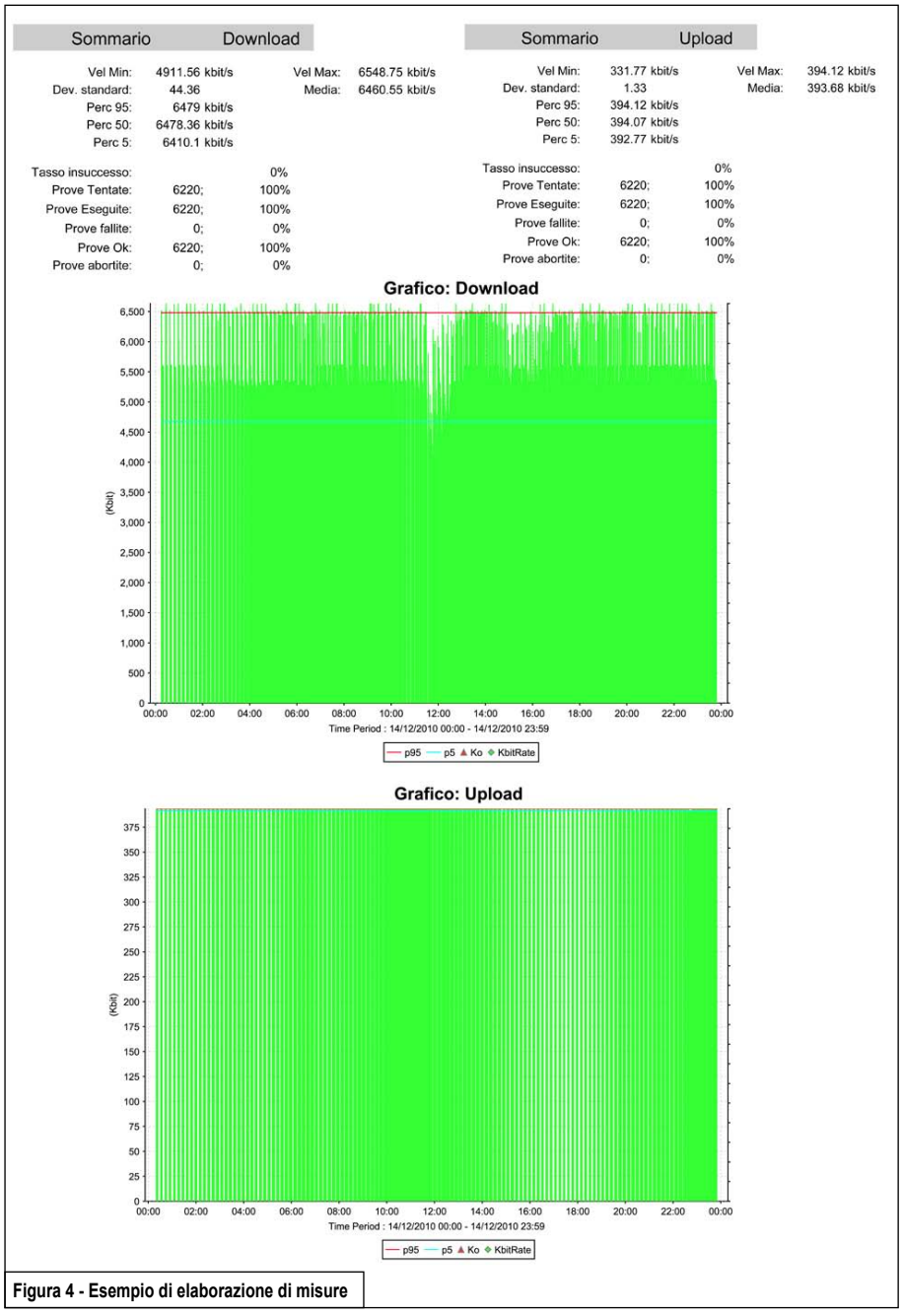


Figura 4 - Esempio di elaborazione di misure

3.2 Tasso di insuccesso nella trasmissione dati

Il tasso di insuccesso nella trasmissione dati fornisce informazioni riguardo alla probabilità che i dati siano trasmessi con successo.
Per il suo calcolo si utilizzano le stesse prove FTP effettuate per il calcolo della velocità di trasmissione e l'indicatore evidenzia la percentuale delle non andate a buon fine, a causa del superamento del tempo massimo prefissato, rispetto al numero totale delle misure. Un valore elevato evidenzia problemi o strozzature all'interno della rete stessa.

Le misure raccolte in un certo periodo di tempo sono utilizzate per determinare i seguenti indicatori:

- **Tasso di insuccesso in download** -

tasso di insuccesso nella trasmissione dati dal server di misura al client;
- **Tasso di insuccesso in upload** - tasso di insuccesso nella trasmissione dati dal client al server di misura.

3.3 Ritardo di trasmissione dati in una singola direzione

Il ritardo di trasmissione dati in una singola direzione è definito come il tempo necessario per trasmettere un pacchetto ICMP Echo Request/Reply (PING). Tale indicatore fornisce informazioni riguardo al tempo necessario per trasmettere pacchetti dati (di piccole dimensioni) verso la destinazione. Un basso valore di tale indicatore indica una rete in grado di rispondere rapidamente alle richieste di trasmissione da parte dell'utente ed è particolarmente significativo per le applicazioni che richiedono un basso ritardo di trasmissione, quali le comunicazioni vocali e video in tempo reale, nonché il gaming.
La prova di ritardo di trasmissione dati avviene tramite la ripetizion e di 10 volte dell'invio con protocollo PING di un pacchetto dati della dimensione di 1024 byte, distanziate le une dalle altre di almeno 10 secondi per evitare un effetto di correlazione temporale. Si sommano il tempo di andata dal PC client al server di misura con quello di ritorno dal server di misura al PC client e se ne fa una media. I due tempi potrebbero essere molto diversi tra di loro, ma questo indicatore ne tiene conto in forma aggregata.
Nel caso in cui l'esecuzione del comando PING non abbia prodotto un valore di ritardo entro il tempo massimo prestabilito, si assume che un pacchetto ICMP Echo Request/Reply sia perso e tale dato sarà escluso dai calcoli dell'indicatore di Ritardo di trasmissione, ma verrà utilizzato per il calcolo dell'indicatore Tasso di Perdita dei pacchetti.

Le misure raccolte in un certo periodo di tempo sono utilizzate per determinare i seguenti valori:
- **Valor massimo e medio del ritardo di trasmissione dati in una singola direzione** - calcolati rispettivamente come 95° percentile e media di tutti i ritardi di trasmissione misurati;
- **Deviazione standard del ritardo di trasmissione dati in una singola direzione** - quantifica l'intervallo entro il quale si distribuiscono le varie misure.

3.4 Tasso di perdita dei pacchetti

Il tasso di perdita dei pacchetti fornisce informazioni riguardo alla probabilità che i dati siano trasmessi con successo. L'indicatore tasso di perdita dei pacchetti è uno dei parametri che può influenzare la velocità di accesso alle pagine web. Infatti, se la trasmissione di un documento perde un pezzo per strada, il computer che sta ricevendo è in grado di rendersene conto, ma l'unica azione che può intraprendere, trascorso un breve intervallo di tempo per essere certo che lo specifico pacchetto mancante non stia semplicemente ritardando, consiste nel chiedere alla stazione di origine la ritrasmissione. Ogni perdita di pacchetto sarà quindi uno stop and go avente l'effetto di rallentare la trasmissione, anche in caso di calcolatori potenti e di linee ADSL velocissime. L'effetto percepito dall'utente sarà comunque quello di una comunicazione lenta.
Per il suo calcolo si utilizzano le stesse prove effettuate per il calcolo del ritardo di trasmissione. Detto R il rapporto tra il numero di pacchetti di PING che non hanno ricevuto risposta e il numero di pacchetti generati, il tasso di perdita è uguale a $1 - \sqrt{1-R}$.
Si noti che valori piccoli del tasso di perdita possono essere fisiologici e vengono metabolizzati e "corretti" dal software di sistema, valori grandi dell'ordine di 1,5-3% rendono la connessione praticamente inutilizzabile; in questo caso occorre porre attenzione a tutti i valori del ritardo di trasmissione (minimi e medi), deviazione standard per avere qualche indicazione in più sulle caratteristiche della rete.

3.5 Alcune considerazioni: FTP vs HTTP

Per misurare la velocità di una connessione Internet in download e in upload possono essere utilizzati due protocolli: FTP e HTTP.
Il protocollo FTP è pensato per la trasmissione dati/file tra host; è di tipo client-server e consente, in modo efficiente ed affidabile, sia di trasferire files tra macchine con architetture diverse che di organizzare il proprio spazio su disco. La prima caratteristica che si evidenzia è che FTP, a differenza di altri protocolli come ad esempio HTTP, utilizza due connessioni separate per gestire comandi e dati. Il server FTP rimane in ascolto sulla porta 21 TCP a cui si connette il client; la connessione da parte di quest'ultimo determinerà l'inizializzazione del canale comandi attraverso il quale client e server si scambieranno comandi e risposte. Lo scambio effettivo dei dati richiederà invece l'apertura del canale dati che può essere di tipo attivo o passivo. FTP crea un nuovo canale dati per ogni file trasferito all'interno della sessione utente, mentre il canale comandi rimane aperto per l'intera durata della sessione.
HTTP è il protocollo di livello applicativo più usato in Internet dal 1990 soprattutto poiché supporta la navigazione web; attualmente la versione più aggiornata è la 1.1, ma sono diffusissime le versioni precedenti, in particolare la 1.0. Si appoggia al protocollo di trasporto TCP, di cui usa la porta 80,

ed è stato pensato per trasferire dati di qualunque genere. Una delle caratteristiche più interessanti di tale protocollo è il fatto di essere di tipo request/response: il client crea una connessione TCP-IP con il server, usando il suo nome di dominio (o l'indirizzo IP) ed il numero della porta di trasmissione ed in seguito invia la richiesta di documento mediante una riga di caratteri ASCII. Il server a questo punto invia la risposta mediante un messaggio in linguaggio html nel quale è contenuto il documento richiesto e si sconnette. Nella versione HTTP 1.1 la connessione non è terminata dopo il response del server e si procede con una nuova coppia request/response, rendendo di fatto tali connessioni persistenti e gestendo transazioni di request/response multiple.
L'ETSI consiglia di utilizzare il protocollo FTP per la valutazione della velocità di connessione innanzitutto perché l'implementazione del protocollo FTP garantisce che le misurazioni effettuate dipendono solo dalle effettive prestazioni della rete e non dall'oggetto della misura e poi perché l'HTTP (1.0) è inefficiente in termini di tempo per il trasferimento file; tale inefficienza intacca la bontà della misura, in quanto il server apre e chiude una connessione per ogni richiesta giunta dal client nonostante possano esserci richieste multiple. Con l'evoluzione in HTTP (1.1) le performance per l'HTTP stanno diventando paragonabili a quelle ottenute con l'FTP.
Per questi motivi, nonostante molti strumenti commerciali o free disponibili in rete utilizzino misure in HTTP, si è scelto di utilizzare FTP, restando conformi al protocollo e alla modalità di costruzione dei file suggeriti dagli standard, allungando però il tempo di trasferimento e la numerosità dei test effettuati al fine di rendere il dato misurato più significativo.

4 Strumento delle misure utente: NE.ME.SYS

Le delibere [del244, del400] hanno previsto di fornire all'utente finale un secondo strumento oltre alle misure pubblicate dagli Operatori e alla carta dei servizi. Si tratta del software certificato denominato Ne.Me.Sys (Network Measurement System)[2], sviluppato da FUB, che dà la possibilità agli utenti di verificare la qualità reale del loro accesso a Internet da postazione fissa, grazie a un software ufficiale riconosciuto da tutti gli operatori.
Ogni utente in possesso di un collegamento broadband con accesso ADSL può avviare il test, che prevede che le

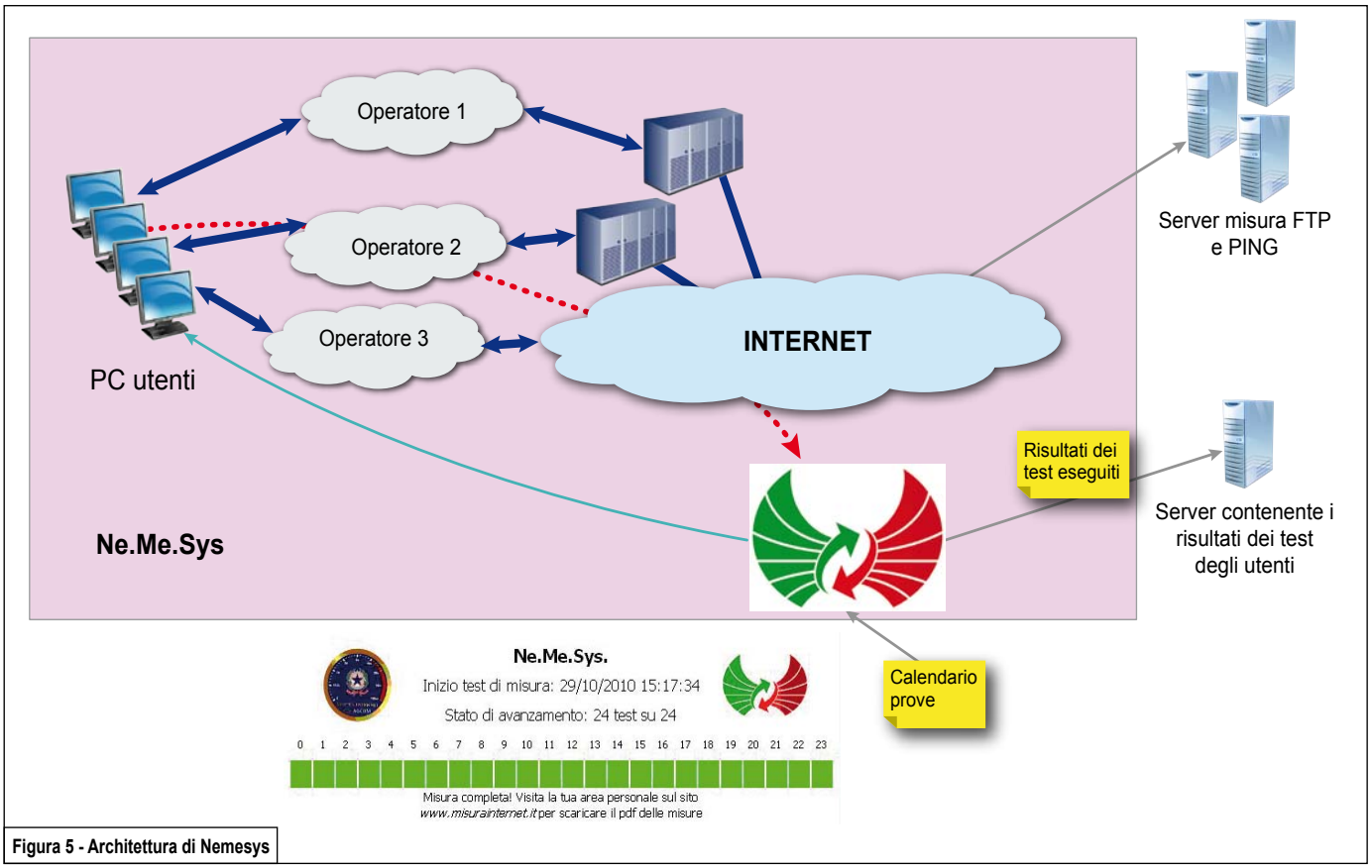

Operatore 1
Operatore 2
Operatore 3
PC utenti
INTERNET
Server misura FTP
e PING
Risultati dei
test eseguiti
Server contenente i
risultati dei test
degli utenti
Ne.Me.Sys
Ne.Me.Sys.
Inizio test di misura: 29/10/2010 15:17:34
Stato di avanzamento: 24 test su 24
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23
Misura completa! Visita la tua area personale sul sito
www.misurainternet.it per scaricare il pdf delle misure
Calendario
prove

Figura 5 - Architettura di Nemesys

2 *www.misurainternet.it*

misurazioni vengano effettuate lungo tutto l'arco delle 24 ore. Se in una o più ore della giornata le misurazioni non dovessero andare a buon fine (ad es. perché NE.ME.SYS riscontra altro traffico utente in rete diverso da quello di prova, o applicativi particolarmente pesanti in corso sul PC), le stesse verranno ripetute il giorno successivo alla stessa ora (e nel caso anche queste non vadano a buon fine il software ritenta l'altro giorno ancora). Quindi il test può durare da un minimo di 24 ore ad un massimo di 72 ore e per essere valido deve contenere misure andate a buon fine per ciascuna delle 24 ore del giorno.

I test validi producono un risultato finale che il cliente può stampare; si tratta di un documento che "certifica" i valori scaturiti dalle misurazioni previsti dalle delibere. Tale operazione non ha costi per l'utente stesso ma è, invece, totalmente a carico dell'Operatore di tale utente.

Una volta in possesso del documento che attesta i valori di qualità che caratterizzano la connessione ad internet, l'utente è in grado di confrontare detti valori con i corrispondenti standard minimi contrattuali del proprio operatore.

Se uno o più valori ottenuti dal test dovessero risultare peggiori dei corrispondenti standard minimi, l'utente ha facoltà di inoltrare un reclamo al proprio operatore con la richiesta di ripristino della qualità della propria connessione ai minimi contrattuali. Qualora trascorsi 30 giorni dal reclamo, l'utente continui ad essere insoddisfatto potrà effettuare un secondo test. Se anche i risultati di questo nuovo test dovessero presentare valori sotto-soglia l'utente avrà facoltà di recedere dal contratto senza che gli venga addebitata alcuna penale o costo di recesso.

Ciò che rende, di fatto, unico Ne.Me. Sys è la possibilità di valutare direttamente le prestazioni di ciascun operatore nell'erogazione del servizio ADSL al singolo cliente; non si tratta infatti di misurare le generiche prestazioni di Internet, condizionate da molti fattori, come fanno ad esempio tutti gli altri software disponibili on-line, ma di una misura personalizzata e relativa solo al proprio Operatore.

Il sito di NE.ME.SYS dovrebbe diventare anche uno strumento di divulgazione sulla tecnica ADSL e di trasmissione dati in generale; per questo motivo è stata curata anche una parte di FAQ e di approfondimenti tecnici, nonché una descrizione del progetto NE.ME. SYS e tavolo tecnico.

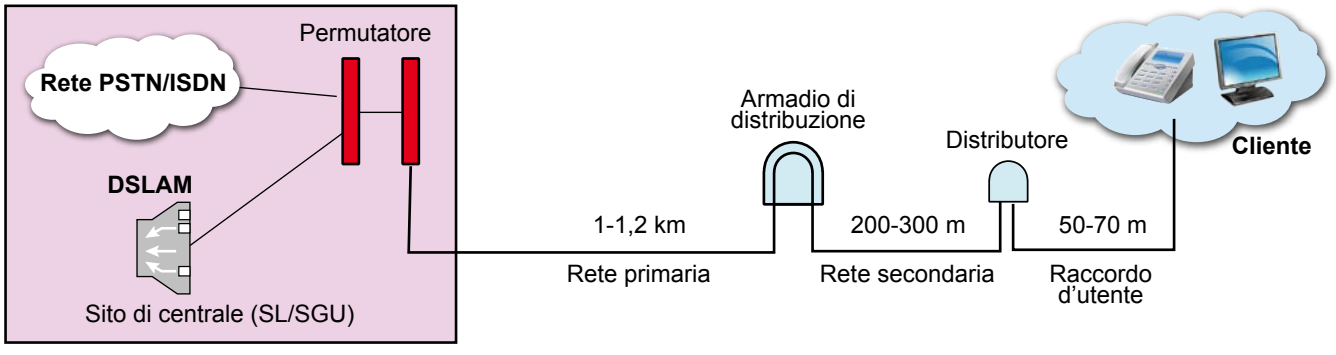
5 Primi risultati delle misure effettuate dagli operatori

Il tavolo tecnico, relativo all'implementazione della delibera, ha valutato che le offerte da misurare da parte degli Operatori fossero le due più vendute nell'anno precedente aventi differenti caratteristiche tecniche. Nel 2010 sono state misurate per Telecom Italia l'offerta 640K-256K free consumer e la 7M-384K consumer (che è la base per le offerte in bundle Internet Senza Limiti e Tutto Senza Limiti che hanno ottenuto buoni risultati nel 2010). Per il 2011 si sta misurando la nuova offerta business 7M-704K (diversa da quella consumer per una maggiore velocità nominale di upload e per la gestione degli indirizzi IP assegnati in modo statico e non dinamico).

Per avere una maggiore confrontabilità delle misure dei vari Operatori, si è deciso di privilegiare la scelta di sedi comuni (housing), in modo da parificare l'effetto della rete rame di distribuzione (Figura 6); al momento sono tutte sedi degli Ispettorati Territoriali delle Comunicazioni, dipendenti dal Ministero dello sviluppo economico. Presso le sedi prescelte sono allestiti, a cura FUB, gli spazi comuni comprensivi di cablaggio; a cura di ogni Operatore c'è la fornitura delle linee e dei PC (questi ultimi nel solo caso "client oriented"). Per il ruolo primario che ha Telecom Italia, il provisioning delle linee ci vede coinvolti su tutti i fronti anche per le offerte OLO, a fronte di richieste di ULL (DSLAM dell'OLO, affitto del solo doppino rame) piuttosto che di bitstream (uso di DSLAM di Telecom Italia).

Sono state definite delle caratteristiche "medie" di linea rame, in modo

Figura 6 - Rete di distribuzione



tale che, anche offerte particolarmente prestanti possano eventualmente essere oggetto di misura (al momento solo un OLO sta misurando offerte superiori a 8Mb nominali, si tratta di un'offerta a 10M), e che, anche in caso di scelta di sito non comune a tutti, sia garantita una qualche confrontabilità (da verificarsi a cura FUB). Il parametro base per la certificazione di tale linee è l'attenuazione in upstream (essendo il range delle frequenze in up "stretto" il valore dell'attenuazione risulta maggiormente costante, anche al variare della tecnologia ADSL1 o 2+), e si è proposto di avere minimo 10-13dB, in quanto più della metà delle linee italiane ha un'attenuazione almeno di tale valore.

La rete a banda larga di Telecom Italia oggetto di misura è illustrata nella Figura 7. Il cliente di Telecom Italia risulta collegato ai DSLAM (apparecchiatura per fornire l'ADSL, situata nelle centrali di abbonato che utilizza sia tecnologia ATM o IP-Ethernet), che tramite le reti trasmissive (in tecnologie SDH o WDM) si collegano ala rete OPM feeder-Metro nel caso IP e alla rete ATM nel caso ATM. Nel POP di accesso vi è poi il NAS, che è l'appa-

Figura 7 - Architettura rete a larga banda ADSL Telecom Italia

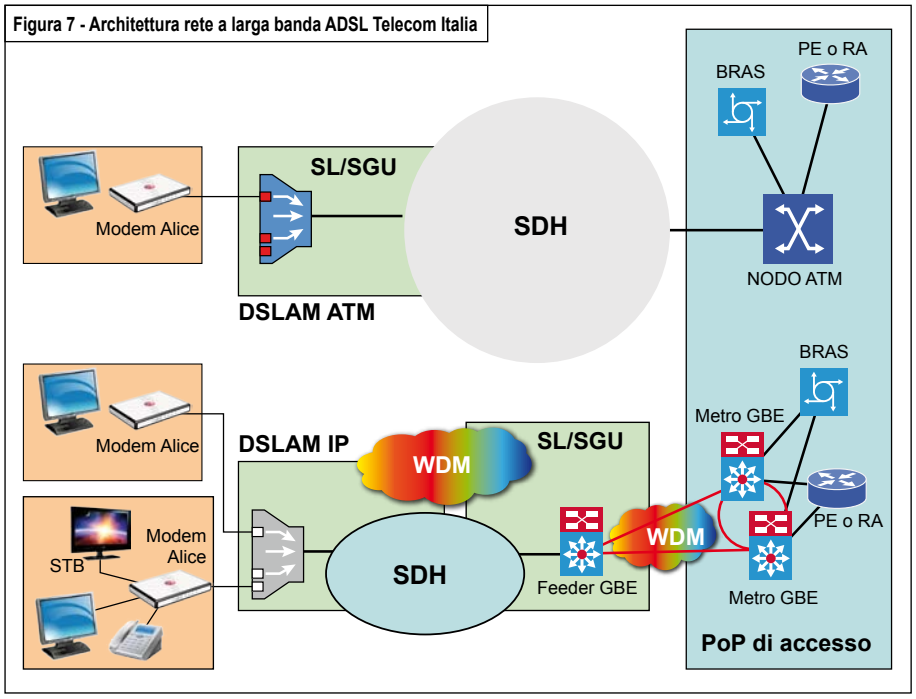


Figura 8 - Dati sperimentali relativi alle misure effettuate tra maggio-giugno 2010 ai sensi della delibera n. 244/08/CSP

Regione	Nome offerta	Tipo	Media	Deviazione Standard	5p	95p	Campioni
Toscana	offerta 1 (7Mbps/384kbps)	upload	393	2.2	391	393	85156
		download	5943	245.2	5800	6480	85160
		rtt/2	23	0.5	22	23	42555
	offerta 2 (640kbps/256kbps)	upload	262	1.4	262	263	81160
		download	613	4.2	610	620	81160
		rtt/2	31	0.4	30	31	40570
Veneto	offerta 1 (7Mbps/384kbps)	upload	393	1.1	392	393	84915
		download	5888	334.0	5488	6479	84919
		rtt/2	23	0.7	22	23	42460
	offerta 2 (640kbps/256kbps)	upload	256	3.3	265	265	89496
		download	622	25.1	570	647	89499
		rtt/2	23	9.3	22	23	44749
Sardegna	offerta 1 (7Mbps/384kbps)	upload	393	2.6	393	393	82088
		download	5821	277.3	5653	6417	82089
		rtt/2	23	0.7	21	23	41039
	offerta 2 (640kbps/256kbps)	upload	263	2.4	262	263	70908
		download	612	5.1	610	620	70919
		rtt/2	31	0.9	30	31	37285
Puglia	offerta 1 (7Mbps/384kbps)	upload	390	26.9	392	393	78753
		download	5882	246.6	5750	6426	78817
		rtt/2	23	0.5	22	23	39402
	offerta 2 (640kbps/256kbps)	upload	263	2.6	259	264	58089
		download	616	39.7	514	639	58146
		rtt/2	30	16.9	23	38	33598

recchiatura che consente ad esempio di arrivare nella rete Internet
Le prime 4 città nelle quali sono iniziate le misure sono state Bari, Cagliari, Firenze, Venezia, poi Palermo, Ancona e Torino. La delibera prevede che entro giugno 2011 sia attiva una sede in ciascuna regione italiana.
Dalle misure finora pubblicate relative alle prime 4 città[3] si nota che le prestazioni dell'offerta 7M-384K di Telecom Italia sono sempre tra le migliori, e soprattutto a bassa variabilità (bassa deviazione standard, che, come spiegato in precedenza, è indice di linea stabile e percezione dell'utente finale "costante"). Inoltre per quanto riguarda il valore della banda massima in download, le linee Telecom riescono a raggiungere la velocità massima prevista dalla teoria già citata.
Infine, si è anche notato che, per le linee Telecom Italia prese in esame, le variazioni dovute agli orari (e quindi ai picchi di traffico nella rete overall) non hanno significativa influenza sulle misure end to end rilevate; ciò indica buone prestazioni della rete stabili.
In merito all'utilizzo dei due server di FUB presso Namex e Mix citati in precedenza, in base alla localizzazione dei nostri agenti e del POP OPB che svolge funzione di centro stella per la relativa città, si è utilizzato il server come server di misura Namex per Bari, Firenze e Cagliari e successivamente Ancona e Palermo, mentre Mix per Venezia e Firenze (da settembre 2010).

Conclusioni

Il termine qualità sta sempre più assumendo importanza in tutte le attività svolte sia all'interno della azienda che verso i nostri clienti ed il significato del termine stesso si sta evolvendo in parallelo alla tipologia di servizi offerti (da un concetto generico si sta via via passando a un qualcosa di oggettivamente misurabile).
È importante notare come da alcuni anni anche gli organismi normativi si siano occupati del tema preparando numerosi documenti e delibere, anche condivisi con gli operatori, per far si che all'utente finale siano offerti strumenti per valutare sempre con maggior precisione cosa abbia acquistato.
In questo filone di attività si situa il lavoro descritto in questo breve articolo; la normativa italiana al riguardo, pur con tutta una serie di limiti per l'eliminazione dei quali si sta continuando a lavorare, è stata innovativa in tal senso e oggi possiamo affermare che i nostri clienti hanno gli strumenti per conoscere ciò che i diversi operatori offrono e perciò scegliere in modo più consapevole ed oggettivo ■

pasquale.desimone@telecomitalia.it
piamaria.maccario@telecomitalia.it
pierpaolo.marangoni@telecomitalia.it

Bibliografia

[Del131] Delibera AGCOM n. 131/06/CSP del 12 luglio 2006 "Approvazione della direttiva in materia di qualità e carte dei servizi di accesso a internet da postazione fissa, ai sensi dell'articolo 1, comma 6, lettera b), numero 2, della legge 31 luglio 1997, n. 249", pubblicata nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana del 27 luglio 2006, n. 173

[Del244] Delibera AGCOM n. 244/08/CSP del 21 gennaio 2009 "Ulteriori disposizioni in materia di qualità e carte dei servizi di accesso a internet da postazione fissa ad integrazione della delibera n. 131/06/CSP" pubblicata nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 21 del 27 gennaio 2009

[Del400] Delibera AGCOM n. 244/10/CONS del 22 luglio 2010 "Modifiche ed integrazioni alla delibera n. 244/08/CSP recante "Ulteriori disposizioni in materia di qualità e carte dei servizi di accesso a internet da postazione fissa ad integrazione della delibera N. 131/06/CSP" pubblicata nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana n. 193 del 19/08/2010

[ETSI 202] ETSI EG 202 057-4 V1.1.1 ottobre 2005 "User related QoS parameter definitions and measurements; Part 4: Internet access"

[ISO] ISO IEC 80000-13 Edition 1.0 2008-03 Quantities and units – Part 13: Information science and technology

[Rapo7] Rapporto Finale "Sottogruppo Tecnico Qualità del Servizio di Accesso a Internet da Postazione Fissa (Delibera AGCOM n. 131/06/CSP)" del 11 luglio 2007 Ministero delle Comunicazioni – Istituto Superiore delle Comunicazioni e delle Tecnologie dell'Informazione

[Tilab 09] TNTLTLTE0900080 Certificazione Agent BMPOP pro delibera 244/08/CSP - Inquadramento normativo e Test List – Maccario P.M., Orsi P.L., Panico M. del 20 novembre 2009

[Lap 09] L09042/1 - TNTLTLTE090060 Rapporto di prova Agent BMPOP pro delibera

3 Disponibili al link *http://www.agcom.it/Default.aspx?DocID=5007*

244/08/CSP AGCOM – Panico M. 20 novembre 2009

[TITSFT09] TITSFTN0900133 Certificazione Agent BMPOP pro delibera 244/08/CSP: Manuale utente – Fiutem R., in corso di emissione

[dpr2007] DPR 2007.02239 Relazione dell'attività svolta all'interno del Tavolo relativo alla qualità del servizio di Accesso a internet da postazione fissa (del 131), P. Ascione, L. Barbetta, F. Bussa, A. Garzia, P.M. Maccario, 19/12/2007

[spec09-1] TIOETW0900016- Specifiche Funzionali agente BMPOP pro AGCOM Pia Maria Maccario, E. Galeassi 09/03/2009

[spec09-2] TIOETW0900042 - Specifiche Funzionali per lo sviluppo del sistema BMPOP pro AGCOM Pia Maria Maccario, E. Galeassi, A. Sclafani 24/06/2009

[TITSFT09] TITSFTN09001331 Certificazione Agent BMPOP pro delibera 244/08/CSP: Manuale utente – Fiutem R. 20 novembre 2009

[wo2010] wo/2010/054690 Method for estimating the 'quality of experience' of a user in respect of audio and/or video contents distributed through telecommunications networks. L. Buriano, V.M. Costamagna, M.P. Maccario, C.Teisa [IT/IT]; (IT) (US Only).

[CMG2005] Maccario P.M., Beghetti M. Quality of Experience and Business Indicators - The Other Side of the Coin XIX convegno CMG Italia (Firenze '05), presentato all' Euro CMG Annual Conference & Exhibition 2005 (Londra '05), successivamente all'assemblea GUFPI ISMA (Roma '05)

Pasquale De Simone
Economista è in Azienda dal 1990 dove ha inizialmente operato nell'ambito dell'Internal Auditing, svolgendo verifiche sui sistemi e sulle procedure di customer operations. Dal 1995 al 1999 ha operato nella Direzione Clienti Privati, facendo da punto di presidio per gli aspetti inerenti la Normativa della Direzione. In questo ambito ha coordinato in Azienda il progetto che ha portato all'approvazione del Regolamento di Servizio del 1997, propedeutico alla liberalizzazione del mercato delle TLC. Nel 1999 è stato tra i primi a far parte della nascente struttura Regolamentare in cui opera tuttora fungendo da focal point per le tematiche di Quality of Service.

Pia Maria Maccario
Informatica, è in Azienda dal 1990 dove si è inizialmente occupata di definizione di architetture software a componenti (OSCA/TINA), per poi seguire le metodologie di sviluppo del software e la definizione di standard di qualità del software pro certificazione ISO 9000. Dal 2000 segue gli standard e le metodologie per la Qualità di Internet. Al momento presidia il tema della qualità della rete di accesso (fissa e mobile), al fine di ottimizzare l'utilizzo di servizi di Telecom Italia su device della Consumer Electronic.

Pierpaolo Marangoni
Ingegnere, è in Azienda dal 1987, prima nel settore R&S (protocolli di comunicazione), poi in Esercizio, e successivamente nell'area territoriale Milano-Lombardia in Pianificazione e Sviluppo Rete. Dal 2005 opera nel settore DG Network di Service Creation, occupandosi di servizi ADSL e IPTV, a stretto contatto con i settori commerciali retail e wholesale, nonché con i settori tecnici e regolatori.